

Forschungsprojekt

UR:BAN – Mensch im Verkehr

Schlussbericht

**Beitrag des
Zuwendungsempfängers:** **Julius-Maximilians-Universität Würzburg**
Röntgenring 11
97070 Würzburg

zu den Teilprojekten: **KON – Kontrollierbarkeit**
SIM – Simulation und Verhaltensmodellierung
UF – Urbanes Fahren

Laufzeit: **01.04.2012 – 31.03.2016**

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie unter dem Förderkennzeichen **19S12009R** gefördert.

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

Die Verantwortung für den Inhalt dieser
Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Autoren

Neukum, Alexandra

Mühlbacher, Dominik

Purucker, Christian

Schneider, Norbert

Will, Sebastian

Inhaltsverzeichnis

1	Teilprojekt MV – KON	5
1.1	Kurzdarstellung	5
1.1.1	Aufgabenstellung und Zielsetzung	5
1.1.2	Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde	6
1.1.3	Planung und Ablauf des Vorhabens.....	7
1.1.4	Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde	7
1.1.5	Zusammenarbeit mit anderen Stellen	8
1.2	Eingehende Darstellung	9
1.2.1	Systematisierung des Wissenstandes und Erfassung des Status quo	11
1.2.2	Ergänzende methodische Empfehlungen für die Kontrollierbarkeitsbewertung	12
1.2.2.1	Vergleichbarkeit der Ergebnisse aus unterschiedlichen Prüfumgebungen.....	13
1.2.2.2	Eignung von Prüfkriterien.....	15
1.2.2.3	Einfluss der Fahrerablenkung	17
1.2.2.4	Einfluss der Handhaltung	18
1.2.2.5	Einfluss der Systemgestaltung auf die Kontrollierbarkeit von Notausweichassistenten	19
1.2.3	Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises.....	24
1.2.4	Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit	25
1.2.5	Voraussichtlicher Nutzen: Verwertbarkeit der Ergebnisse.....	25
1.2.6	Bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stelle.....	26
1.2.7	Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen der Ergebnisse	26
1.3	Referenzen	27
2	Teilprojekt MV – SIM	29
2.1	Kurzdarstellung	29
2.1.1	Aufgabenstellung und Zielsetzung	29
2.1.2	Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde	29
2.1.3	Planung und Ablauf des Vorhabens.....	30

2.1.4	Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde	30
2.1.5	Zusammenarbeit mit anderen Stellen	32
2.2	Eingehende Darstellung	33
2.2.1	Erzielte Ergebnisse im Einzelnen	33
2.2.1.1	Zielsetzungen	33
2.2.1.2	Ergebnisse empirischer Untersuchungen	35
2.2.1.3	Methodenhandbuch	47
2.2.1.4	Zusammenfassung der empirischen Arbeiten	49
2.2.2	Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises.....	51
2.2.3	Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit	51
2.2.4	Voraussichtlicher Nutzen: Verwertbarkeit der Ergebnisse.....	51
2.2.5	Bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen.....	52
2.2.6	Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen der Ergebnisse	52
2.2.7	Referenzen	54
3	Teilprojekt MV – UF.....	55
3.1	Kurzdarstellung	55
3.1.1	Aufgabenstellung und Zielsetzung	55
3.1.2	Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde	56
3.1.3	Planung und Ablauf des Vorhabens.....	56
3.1.4	Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde	57
3.1.5	Zusammenarbeit mit anderen Stellen	57
3.2	Eingehende Darstellung	57
3.2.1	Zielsetzung der Systematik der Assistenzszenarien	58
3.2.2	Zielsetzung der Datenstandards	60
3.2.3	Zielerreichung.....	60
3.2.4	Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises.....	62
3.2.5	Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit	63
3.2.6	Voraussichtlicher Nutzen: Verwertbarkeit der Ergebnisse.....	63
3.2.7	Bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen.....	63
3.2.8	Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen der Ergebnisse	63

1 Teilprojekt MV – KON

1.1 Kurzdarstellung

Im Teilprojekt KON „Kontrollierbarkeit“ der Projektsäule „Mensch im Verkehr“ wurde der aktuelle Stand der Methoden zur Evaluation der Kontrollierbarkeit erfasst und systematisiert. Darauf basierend wurden neue Methoden entwickelt und evaluiert, die bereits in frühen Entwicklungsstadien zur Absicherung der Kontrollierbarkeit neu entwickelter Assistenzfunktionen, insbesondere aus den Teilprojekten KAB, SVT und SQL der Projektsäule „Kognitive Assistenz“, eingesetzt werden können. Im Fokus der Untersuchungen standen Assistenzfunktionen, die den Fahrer in zeitkritischen Situationen unterstützen und in denen eine parallele Auswertung mehrerer Informationsquellen in kurzer Zeit notwendig ist, um Unfälle zu vermeiden. Diese Assistenzfunktionen sind dadurch gekennzeichnet, dass die Problematik der Kontrollierbarkeit in dem Maße zunimmt, in dem die neuen Systeme „intelligenter“ und „effizienter“ arbeiten. Je stärker die Unterstützung durch ein System, desto schwieriger ist es regelhaft im Fehlerfall zu beherrschen. Dieser stark vereinfachenden Regel steht die Tatsache gegenüber, dass der Fahrer ohne das System in vielen Fällen überhaupt nicht in der Lage gewesen wäre, einen potenziellen Unfall zu vermeiden. Des Weiteren besteht die Möglichkeit, dass Fahrer durch ihr Eingreifen die Situation weiter verschärfen oder neue Gefahrensituationen erzeugen.

Innerhalb des Teilprojekts KON wurde diese Problematik aufgegriffen und exemplarisch anhand einer Assistenzfunktion untersucht, die den Fahrer in einer plötzlichen Gefahrensituation durch Einleitung eines Ausweichmanövers bei der Kollisionsvermeidung unterstützen soll.

Die Aufgabe des IZVW bestand in der Zusammenstellung des aktuellen Methodenstands sowie der Entwicklung exemplarischer Prüfanordnungen für die innerhalb von UR:BAN KA entwickelten Assistenzfunktionen. Basierend auf den Ergebnissen wurden Gestaltungsempfehlungen erarbeitet, die zur Erhöhung der Kontrollierbarkeit beitragen können. Die Ergebnisse wurden u.a. im Rahmen des KON-Expertenkreises den Industriepartnern aus UR:BAN zugänglich gemacht.

1.1.1 Aufgabenstellung und Zielsetzung

Im Teilprojekt „Kontrollierbarkeit“ (KON) der Projektsäule „Mensch im Verkehr“ stand die Beherrschbarkeit der in UR:BAN neu entwickelten Assistenzfunktionen an Systemgrenzen bzw. bei Systemfehlern im Vordergrund. Nach aktuellem Stand muss gewährleistet sein, dass durch die Einführung neuer Systeme keine für den Fahrer unbeherrschbaren Fahrsituationen entstehen. Dies ist eine zentrale Forderung an Fahrerassistenz- und Verkehrs-

systeme, deren Erfüllung Voraussetzung für einen Wettbewerbsvorteil der deutschen Industrie ist.

Das Problem der Kontrollierbarkeit wird im Zuge der rasanten Entwicklung von zunehmend komplexer werdenden Assistenzsystemen immer drängender. Dies betrifft vor allem den hohen zeitlichen und damit auch finanziellen Aufwand, den die Absicherung (z.B. aufgrund der Vorgaben in RESPONSE 3 oder ISO 26262) bereits in frühen Entwicklungsphasen erfordert. Gleichzeitig besteht ein massiver Bedarf hinsichtlich eines allgemein anerkannten und validen Methodeninventars für diese Prüfungen. Besondere Anforderungen an die Kontrollierbarkeit stellen Fahr- und Verkehrssituationen, in denen die parallele Auswertung mehrerer Informationsquellen in kurzer Zeit notwendig ist und die dadurch eine hohe Belastung des Fahrers beinhalten. Solche Situationen sind insbesondere – wie vor allem anhand der Systementwicklungen in der Projektsäule „Kognitive Assistenz“ deutlich wird – kennzeichnend für den urbanen Bereich.

Ziel des Teilprojekts „Kontrollierbarkeit“ ist es, einheitliche methodische Grundlagen zu erarbeiten, um die Kontrollierbarkeit von Systemen mit Fokus auf zeitkritischen Situationen effizient und valide absichern zu können. Diese Methoden und Kriterien der Kontrollierbarkeit dienen der Absicherung von Funktionen und MMI-Konzepten, die in anderen URBAN-Teilprojekten definiert werden. UR:BAN-Funktionen sollen eine wirksame, reaktionsschnelle Unfallvermeidung unterstützen. Das Teilprojekt „Kontrollierbarkeit“ stellt dazu Methoden bereit und entwickelt im Projekt – wo nötig – weitere Methoden, die es erlauben unter Einbeziehung von Systemgrenzen, Systemfehlern, möglichem Missbrauch und Übersteuerungsmechanismen optimale MMI-Konzepte für die maximale, nachhaltige Verbesserung der Verkehrssicherheit zu entwickeln und zu bewerten.

Das IZVW hat sich hierbei zum Ziel gesetzt, den bestehenden Wissensstand zu systematisieren und darauf aufbauend experimentelle Anordnungen zur exemplarischen Bewertung der Kontrollierbarkeit für UR:BAN spezifische Assistenzfunktionen zu entwickeln. Aus den Ergebnissen der Untersuchungen werden erste Gestaltungsempfehlungen für die Assistenzfunktionen abgeleitet, die dazu beitragen sollen, die Beherrschbarkeit zu erhöhen.

1.1.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Die geplanten Arbeiten setzten eine enge Abstimmung zwischen dem Teilprojekt Kontrollierbarkeit und der Projektsäule „Kognitive Assistenz“ voraus. Die Ableitung des Methodenbedarfs und die Entwicklung neuer Prüfanordnungen zur Bewertung der Kontrollierbarkeit erforderte Kenntnis über die geplanten Assistenzfunktionen und deren technischen Spezifikationen. Die vorliegenden Arbeiten basieren daher auf den technischen Spezifikationen, die dem Teilprojekt KON von der Projektsäule Kognitive Assistenz zur Verfügung gestellt wurden. Des Weiteren wurde ursprünglich geplant, exemplarische Untersuchungen mit Demonstratoren und Versuchsträgern aus dem Projekt AKTIV durchzuführen. Im Rahmen von UR:BAN konnte jedoch im Wesentlichen technisch bedingt nicht auf die

AKTIV Demonstratoren zurückgegriffen werden, sodass die Untersuchungen am dynamischen Fahrsimulator der WIVW GmbH durchgeführt wurden.

1.1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens

Der Verlauf der Arbeit im Projekt folgte der im Projektantrag formulierten Planung. Alle im Arbeitsplan formulierten Aufgaben wurden erfolgreich bearbeitet, es waren keine zusätzlichen Ressourcen für das Projekt nötig.

Tabelle 1-1. Zeitplan der Arbeitspakete innerhalb des Teilprojekts Kontrollierbarkeit.

Arbeitspakete	Jahr 1		Jahr 2				Jahr 3				Jahr 4					
	Quartale															
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1000 – Problembereiche	■	■	■	■												
2000 – Empirische Darstellung			■	■	■	■	■	■								
3000 – Determinanten								■	■	■	■	■	■			
4000 – Lösungsansätze														■	■	■
5000 – Projektmanagement	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

In Bezug auf den in der Vorhabenbeschreibung skizzierten Zeitplan, ergaben sich im Rahmen der Projektlaufzeit kleinere Anpassungen, welche die Arbeiten des IZVW betrafen. Aufgrund notwendiger technischer Umbauten im dynamischen Simulator lag im vierten Quartal des zweiten Jahres eine Verzögerung von ca. drei Monaten vor. Im ersten Quartal des dritten Jahres konnte die dreimonatige Verzögerung jedoch aufgeholt werden.

1.1.4 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Der Stand der Technik hinsichtlich der Evaluation der Beherrschbarkeit im Fehlerfall ist vor allem in den Empfehlungen des RESPONSE Code of Practice und außerdem in der ISO Norm 26262 verankert. Als Verfahren bietet der CoP v.a. Checklisten an, die dazu dienen sollen, Bewusstsein für potenziell bestehende Kontrollierbarkeitsprobleme zu schaffen. Vor- und Nachteile allgemeiner Prüfanordnungen werden aufgelistet, aber nicht auf inhaltliche Problemstellungen bezogen. Weiterhin spiegeln die Checklisten einen Diskussionsstand wider, der die Einführungsphase bekannter und mittlerweile seit einigen Jahren auf dem Markt befindlicher Systeme (z.B. ACC) kennzeichnete. Nur wenige Veröffentlichungen liegen vor, in denen das methodische Vorgehen der Kontrollierbarkeitsprüfung insbesondere bei kurzzeitig eingreifenden Assistenzsystemen mit Bezug zur aktiven Sicherheit explizit thematisiert wird. Die einschlägigen Arbeiten entstanden meist in bilateralen Kooperationen von Industrie und- Forschungspartnern. Zusätzlich konnte auf Arbei-

ten aus den EU-Projekten interactIve und PReVENT aufgebaut werden (2010-2014), die allerdings erst im Laufe der Projektarbeiten vollständig zu Verfügung standen.

1.1.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Verbundpartner

Im Rahmen der Arbeiten für das Teilprojekt KON arbeitete das IZVW im engen Austausch mit den beteiligten Projektpartnern und Institutionen. Insbesondere ist hierbei die Zusammenarbeit mit den Verbundpartnern hervorzuheben, die im Folgenden genannt werden:

- BMW AG
- BMW Forschung & Technik GmbH (BMW F&T)
- Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt)
- Institut für Arbeitswissenschaft, Universität der Bundeswehr München (UBw)
- Institut für Kraftfahrzeuge, RWTH Aachen (ika)

Mit den Projektpartnern UBw und BASt führte das IZVW gemeinsam abgestimmte Untersuchungen zum Vergleich verschiedener Prüfumgebungen durch. Des Weiteren unterstützte das IZVW die Projektpartner ika, BASt, BMW AG und BMW F&T bei der Planung und Vorbereitung weiterer Studien.

Zusätzlich erfolgte über den gesamten Projektzeitraum hinweg ein Austausch mit den Projektpartnern der MV-Teilprojekte UR:BAN MMI und UF sowie der KA-Teilprojekte UR:BAN KAB, SQL und SVT bezüglich der Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle und der Spezifikation der zu untersuchenden Assistenzsysteme. Im Rahmen des KON-Expertenkreises erfolgte eine Diskussion und ein Ergebnisaustausch mit den in UR:BAN vertretenen Industriepartnern. Dazu gehörten:

- Adam Opel AG
- Audi AG
- BMW AG
- Continental AG
- Daimler AG
- MAN Truck & Bus AG
- Robert Bosch GmbH
- Volkswagen AG

Unterauftragnehmer

Die für die empirischen Untersuchungen ausgewählten Verkehrs- und Assistenzszenarien mussten in der Fahrsimulation dargestellt werden. Zusätzlich musste sichergestellt werden, dass die gewünschten Assistenzfunktionen in der Fahrsimulation realisiert werden können. Mit der Umsetzung dieser Aufgaben nach Vorgaben des IZVW war das Würzburger Institut für Verkehrswissenschaften (WIVW GmbH) beauftragt. Für die Programmierung und Erprobung der Softwarekomponenten als auch die Durchführung der Probandenversuche wurde die Simulationssoftware SILAB sowie der dynamische Fahrsimulator des WIVW eingesetzt.

1.2 Eingehende Darstellung

Das Teilprojekt Kontrollierbarkeit (KON) hat sich zum Ziel gesetzt, Verfahren zu erarbeiten, die zur Überprüfung und Verbesserung des Systemverhaltens in Grenz- und Fehlerfällen sowie zur Prüfung der Übersteuerbarkeit beim ordnungsgemäßen Gebrauch beitragen.



Abbildung 1-1: Im Teilprojekt KON betrachtete Aspekte der Beherrschbarkeit.

Im Fokus standen dabei vor allem Assistenzfunktionen, die in den Teilprojekten der UR:BAN-Projektsäule „Kognitive Assistenz“ (KA) entwickelt wurden, wie z.B.

- Kollisionsvermeidung durch Ausweichen und Bremsen (KAB)
- Schutz von schwächeren Verkehrsteilnehmern (SVT),
- Sichere Quer- und Längsführung in der Stadt (SQL).

Besonderes Kennzeichen der vor allem in KA entwickelten Funktionen ist es, dass die Systemeingriffe in zeitkritischen Situationen erfolgen. Insbesondere zur Frage der Effekte kurzzeitiger, intensiver Lenkeingriffe finden sich in der einschlägigen Literatur bislang nur sehr wenige Befunde. Dies betrifft sowohl Aspekte der Wirksamkeit als auch der Kontrollierbarkeit. Zudem fehlen übergreifende Konzeptionen zur Evaluation der Kontrollierbarkeit.

keit. Mit dem Auftreten neuer inhaltlicher Problemstellungen wird üblicherweise gleichzeitig Methodenentwicklung zur Evaluation der Kontrollierbarkeit betrieben, was mit hohen Forschungs- und Absicherungsaufwänden einhergeht.

Ziel des Teilprojekts KON war es deshalb, methodische Grundlagen und Empfehlungen zu erarbeiten, um die Kontrollierbarkeit von Assistenzfunktionen mit Fokus auf zeitkritischen Situationen effizient und valide absichern zu können. Ausgangslage für diese Arbeiten war die Systematisierung des vorhandenen Wissensstands. Darauf aufbauend konnten zum einen erste Empfehlungen für Absicherungsmethoden abgeleitet werden und zum anderen wurde ermittelt, in welchen Bereichen neue Methoden zur Absicherung entwickelt werden müssen.

Vergleichende Studien in verschiedenen Prüfumgebungen, die in Kooperation der UR:BAN KON Verbundpartner BAST, UBw und IZVW entstanden, griffen insbesondere die Frage auf, inwiefern die unterschiedlichen Prüfumgebungen für die Evaluation der Kontrollierbarkeit und Gebrauchssicherheit von Assistenzsystemen geeignet sind. Die gewonnenen Erkenntnisse liefern in Kombination mit der Zusammenfassung bereits bestehender Methoden und Empfehlungen eine Entscheidungshilfe für den Einsatz geeigneter Prüfumgebungen in Abhängigkeit von der vorliegenden Fragestellung und unabhängig von dem eingesetzten Assistenzsystem. Dies ist insbesondere im Hinblick auf effiziente und valide Absicherungsstrategien bei der Entwicklung neuer Assistenzfunktionen relevant.



Abbildung 1-2. Innerhalb des Teilprojekts UR:BAN KON eingesetzte Prüfumgebungen zur Evaluation der Kontrollierbarkeit im Rahmen exemplarischer Untersuchungen.

Im Rahmen exemplarischer Untersuchungen mit Fokus auf den Notausweichassistenten konnten zudem Erkenntnisse darüber gewonnen werden, welche Gestaltungsaspekte die Kontrollierbarkeit verringern oder erhöhen. Ebenfalls berücksichtigt wurde die Wirksamkeit berechtigter Eingriffe eines Notausweichassistenten, da sichergestellt werden sollte, dass Maßnahmen zur Erhöhung der Kontrollierbarkeit und Gebrauchssicherheit die Wirksamkeit im Falle eines berechtigten Eingriffs nicht unverhältnismäßig verringern. Aus den Erkenntnissen wurden erste Gestaltungsempfehlungen für die Entwicklung von Notausweichassistenten abgeleitet.

Die Beiträge des IZVW zu diesen Themen lassen sich thematisch drei Schwerpunkten zuordnen:

- Systematisierung des Status quo
- Ergänzende methodische Empfehlungen für die Kontrollierbarkeitsbewertung
- Einfluss der Systemgestaltung auf die Kontrollierbarkeit von Notausweichassistenten.

Im Folgenden erfolgt eine detaillierte Darstellung der Ergebnisse anhand dieser drei Schwerpunkte.

1.2.1 Systematisierung des Wissenstandes und Erfassung des Status quo

Basis der Arbeiten des Teilprojekts UR:BAN KON war eine umfassende Aufstellung und Systematisierung des aktuellen Wissenstands im Rahmen des AP1000 zu Beginn des Projekts. Ausgehend von einem Überblick über das Begriffsverständnis in relevanten Leitlinien wurden aktuelle rechtliche Rahmenbedingungen dargestellt, die für die Konzeption der in KON geplanten Untersuchungen von Relevanz sind. Angelehnt an die Arbeiten der UR:BAN-Partnerprojekte (v.a. der Projektsäule Kognitive Assistenz KA) lieferte das AP1000 eine umfassende Literaturübersicht über die zu Beginn von UR:BAN vorliegenden empirischen Befunde zum Thema Kontrollierbarkeit.

Die Beiträge des IZVW umfassten dabei folgende Themenschwerpunkte:

- Aktuelle Zugänge zur Evaluation der Kontrollierbarkeit
- Methodische Empfehlungen in vorliegenden Leitlinien zur Gestaltung empirischer Untersuchungen
 - Statistische Absicherung und Fahrerstichproben
 - Auswahl der Prüfscenarien
 - Auswahl von Pass-Fail-Kriterien
- Prüfumgebungen
 - Fahrsimulation
 - Realfahrzeug
- Empirische Befunde
 - Fehlerhafte Querdynamikänderungen
 - Eingriffe in die Längsdynamik
 - Fehl-/Falsch-Informationen bei Warnungen
 - Sicherheitsrelevante Auswirkungen assistierten Fahrens und Übernahme-situationen
 - Fehlgebrauch

Der AP1000 wurde zur Verwendung durch die in UR:BAN beteiligten Partner freigegeben und bietet eine fundierte Ausgangsbasis, die in UR:BAN entwickelten Systeme und Funktionalitäten auf ihre Beherrschbarkeit im Grenz- und Fehlerfall und ihre Gebrauchssicherheit zu überprüfen. Der ermittelte Wissenstand wurde zudem sukzessive durch empirische Untersuchungen erweitert, die ausführlich in den Arbeitspaketen AP2000 und AP3000 dokumentiert wurden.

1.2.2 Ergänzende methodische Empfehlungen für die Kontrollierbarkeitsbewertung

Existierende Leitlinien wie der RESPONSE Code of Practice (RESPONSE Consortium, 2006) oder dem European Statement of Principles on Human Machine Interfaces (Commission of the European Union, 2006) sollen dem Funktionsentwickler Hilfestellung bei der Wahl geeigneter Prüfverfahren leisten. Aussagen bezüglich der anzuwendenden Evaluationsmethoden bleiben in diesen Dokumenten jedoch bisweilen unscharf oder uneinheitlich. Hier soll eine umfassende Weiterentwicklung und Evaluation von Prüfmethode im Teilprojekt KON Erkenntnisse liefern, die zum Nachweis der Beherrschbarkeit der Systeme durch den Fahrer herangezogen werden können.

Zugänge zur Evaluation können auf verschiedene Weisen erfolgen, z.B. anhand von Checklistenverfahren oder empirischen Untersuchungen. Entscheidet man sich für die Empirie, stellt sich die Frage nach einem geeigneten Studiendesign. Dazu gehören die Festlegung geeigneter Stichproben, Prüfscenarien und Pass-Fail-Kriterien. Zudem stellt sich die Frage, in welcher Prüfumgebung ein entsprechendes Fahrerassistenzsystem valide auf Kontrollierbarkeit untersucht werden kann. Ist bereits ein statischer Simulator ausreichend, wird ein dynamischer Simulator mit Bewegungsrückmeldung benötigt oder sind Teststreckenuntersuchungen im Realfahrzeug die beste Wahl? Eventuell ist auch das Vehicle in the Loop als Hybrid aus Realfahrzeug und Simulation eine geeignete Lösung. Für die Beantwortung dieser Fragen ist es notwendig, mehr über die Charakteristika von Untersuchungen in solchen Prüfumgebungen zu erlangen.

Gegenstand	Fragestellung	Stichprobe
Studie1 – Validierungsstudie	<ul style="list-style-type: none"> Vergleichbarkeit der in unterschiedlichen Prüfumgebungen gewonnenen Ergebnisse 	N=30
Studie 2 – Fahrerablenkung	<ul style="list-style-type: none"> Einfluss der Fahrerablenkung auf die Beherrschbarkeit unberechtigter Eingriffe 	N=32
Studie 3 - Handhaltung	<ul style="list-style-type: none"> Einfluss der Handhaltung auf die Beherrschbarkeit unberechtigter Eingriffe 	N=20

Abbildung 1-3. Studienübersicht zum Themenschwerpunkt „Ergänzende methodische Empfehlungen für die Kontrollierbarkeitsbewertung“.

Am IZVW wurden insgesamt drei Studien mit Fokus auf methodische Fragestellungen durchgeführt (vgl. Abbildung 1-3). Im Folgenden wird auf die Ergebnisse dieser Studien eingegangen.

1.2.2.1 Vergleichbarkeit der Ergebnisse aus unterschiedlichen Prüfumgebungen

Zum Thema „Methodische Empfehlungen für die Kontrollierbarkeitsbewertung“ wurden in Zusammenarbeit mit der UBw und der BAST am IZVW vergleichende Studien in verschiedenen Prüfumgebungen durchgeführt. Insbesondere im Kontext der Bewertung von kontrollierbarkeitsrelevanten Kennwerten lagen zu Beginn von UR:BAN noch keine Erkenntnisse in diesem Bereich vor. Daher wurde die Frage aufgegriffen, inwiefern die in simulationsbasierten Prüfumgebungen wie z.B. einem dynamischen Fahrsimulator gewonnenen Erkenntnisse vergleichbar zum Realfahrzeug sind. Die Ergebnisse sind insbesondere im Hinblick eine effiziente und valide Absicherungsstrategien bei der Entwicklung neuer Assistenzfunktionen relevant. Mit Hilfe simulationsbasierter Prüfumgebungen können bereits in frühen Entwicklungsstadien Versuche durchgeführt werden, während der Aufbau eines funktionsfähigen Versuchsträgers und die Testung im realen Umfeld hohe Herausforderungen an die Umsetzung stellen. Sind die Ergebnisse vergleichbar, können so bereits vor Aufbau eines Versuchsträgers Untersuchungen durchgeführt werden, die maßgeblich zur Entwicklung sicherer Assistenzfunktionen beitragen. Zudem stellt sich bei einer Vielzahl veröffentlichter Studien die Frage, inwiefern diese Ergebnisse auch auf das Realfahrzeug zutreffen und ob diese Ergebnisse übertragen werden können.

Ziel der durchgeführten Untersuchungen war es daher, Wahrnehmung und Fahrverhalten von Probanden in verschiedenen Prüfumgebungen (statischer/dynamischer Simulator, Vehicle in the Loop (VIL) und Realfahrzeug) miteinander zu vergleichen und mögliche Unterschiede aufzuzeigen. Dies erfolgte anhand von Grundlagensituationen, in denen über die verschiedenen Umgebungen hinweg objektive Fahrdaten sowie subjektive Fahrerreaktionen erhoben wurden. Dazu wurde am IZVW eine Untersuchung im dynamischen Simulator mit N=30 Probanden durchgeführt. Im Fokus stand dabei der Vergleich der Simulationsumgebungen mit dem Realfahrzeug. Im Folgenden werden die daraus gewonnenen Erkenntnisse thematisch zusammengefasst.

Vergleichbarkeit der Wahrnehmung von Längsabständen

In den Simulationsumgebungen wurden allgemein größere Time-Headways hergestellt als im Realfahrzeug (Abstandsherstellung). Darüber hinaus wurden in den Simulationsumgebungen Abstände durchgängig kritischer bewertet als im Realfahrzeug (Abstandsschätzung). Auch im Falle einer Annäherung an ein stehendes Fahrzeug (Okklusionsversuch) wurden Abstände zum stehenden Vorderfahrzeug allgemein kritischer beurteilt als im Realfahrzeug.

Alle drei methodischen Zugänge belegen eine konservativere Beurteilung von Längsabständen in Simulationsumgebungen im Vergleich zum Realfahrzeug. In Simulations-

umgebungen als kritisch beurteilte Abstände werden im Realfahrzeug als weniger kritisch beurteilt.

Im Hinblick auf Untersuchungen zur Kontrollierbarkeit ist festzustellen, dass Simulationsumgebungen sehr gut zur Untersuchung von Fahraufgaben geeignet sind, die im Zusammenhang mit Längsabständen stehen. Die konservative Beurteilungsneigung der Probanden gewährleistet, dass die Kritikalität eines bestimmten Abstands im Vergleich zum Realfahrzeug nicht unterschätzt wird. Eine weitere Darstellung der Resultate ist der im Rahmen des AP2000 entstandenen Veröffentlichung von Purucker et al. (2014) zu entnehmen.

Vergleich von Wahrnehmung und Verhalten bei Verzögerungen des Vorderfahrzeugs

In allen Simulationsumgebungen wurden Verzögerungen des Vorderfahrzeugs kritischer beurteilt als im Realfahrzeug. Zusätzlich werden im Vergleich zum Realfahrzeug höhere Reaktionszeiten auf eine Verzögerung des Vorderfahrzeugs beobachtet. Hierbei muss beachtet werden, dass die kritischere Beurteilung eine Folge der im Vergleich zum Realfahrzeug verzögerten Bremsreaktion sein kann. Eine mögliche Ursache für die höheren Reaktionszeiten im Falle einer Bremsung bzw. Beschleunigung des Vorderfahrzeugs kann die reduzierte Umgebungsdarstellung in den Simulationsumgebungen sein. So ist bspw. das Sichtfeld in einigen Simulationsumgebungen deutlich eingeschränkt und es fehlen visuelle Tiefeninformationen. Im Hinblick auf Untersuchungen zur Kontrollierbarkeit lässt sich allerdings auch hier festhalten, dass Simulationsumgebungen sehr gut zur Untersuchung von Verzögerungen des Vorderfahrzeugs geeignet sind. Die im Vergleich zum Realfahrzeug kritischere Einschätzung einer Verzögerung und die leicht erhöhte Reaktionszeit gewährleistet auch hier, dass die Kritikalität einer Verzögerung im Vergleich zum Realfahrzeug nicht unterschätzt wird.

Bei der Betrachtung der maximalen Verzögerung ist die Befundlage hingegen weniger eindeutig. Zwar lassen sich die Einflüsse der verschiedenen Verzögerungsstärken in jeder Prüfumgebung einzeln gut abbilden, allerdings ist das Befundmuster der Simulationsumgebungen im Vergleich zum Realfahrzeug nicht einheitlich. Teils werden in den Simulationsumgebungen höhere Verzögerungen beobachtet, teils im Realfahrzeug. Auffällig ist hier insbesondere der statische Fahrsimulator, da hier im Vergleich zu allen anderen Prüfumgebungen stärker verzögert wird. Dies steht augenscheinlich allerdings nicht im Zusammenhang mit der Reaktionszeit, d.h. die Verzögerung fällt nicht höher aus, weil die Fahrer im statischen Simulator grundsätzlich später reagieren. Eine mögliche Ursache für die stärkeren Verzögerungen könnte daher die im statischen Simulator fehlende Bewegungsrückmeldung sein.

Vergleich der Wahrnehmung von Querabständen und des Fahrverhaltens in Engstellen

In den Simulationsumgebungen wurden die Engstellen allgemein langsamer angefahren als im Realfahrzeug. Darüber hinaus wurden dieselben Gassenbreiten im Simulator kritischer beurteilt als im Realfahrzeug. Ferner wurde im Gegensatz zum Realfahrzeug in den Simulationsumgebungen systematisch nach rechts von der Spur abgewichen ($M = 19$ cm). Eine detaillierte Darstellung der Ergebnisse ist der im Rahmen des AP2000 entstandenen Veröffentlichung in Kooperation mit der UBw von Rüger et al. (2014) zu entnehmen.

Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Arbeiten des IZVW in Kooperation mit der UBw und der BAST zeigen auf, dass die in unterschiedlichen Prüfumgebungen gewonnenen Ergebnisse bei einfachen Fahraufgaben weitestgehend vergleichbar sind. In der Regel zeigt sich allerdings auch, dass Simulationsumgebungen im Hinblick auf die Bewertung der Kontrollierbarkeit tendenziell konservativere Ergebnisse liefern (Bezugsgröße für die Vergleiche waren immer Ergebnisse auf der Teststrecke). So war auf Basis der vorliegenden Untersuchungen festzustellen, dass der Fahrer im Realfahrzeug vergleichbare Situationen tendenziell besser beherrscht als im Simulator, d.h. dass im Simulator gut beherrschbare Situationen auch im Realfahrzeug beherrschbar sein sollten. Somit sind die in Simulationsumgebungen beobachteten Ergebnisse zwar nicht direkt auf das Realfahrzeug übertragbar, allerdings kann mit Hilfe der Simulationsumgebungen abgeschätzt werden, wie sich unterschiedliche Einflussfaktoren auf Gebrauchssicherheit und Kontrollierbarkeit auswirken. Voraussetzung hierfür ist allerdings eine vergleichbare Gestaltung der Prüfsituation.

1.2.2.2 Eignung von Prüfkriterien

Klassische Kontrollierbarkeitskriterien für die Bahnführung innerhalb eines Fahrstreifens prüfen, ob der Fahrer ein systeminitiiertes Verlassen des Fahrstreifens durch Übersteuern rechtzeitig vermeiden kann. Innerhalb der Arbeiten des Teilprojekts KON wurde festgestellt, dass „klassische“, auf die Kontrolle der Fahrstreifeneinhaltung durch den Fahrer ausgelegte Kriterien, **nicht** für alle künftigen Systeme anwendbar sind. Insbesondere für in Notsituationen wirkende Ausweichassistenzsysteme wirft dies die Frage auf, wie eine Bewertung der Kontrollierbarkeit in Zukunft sinnvoll erfolgen kann und welche Kriterien dafür heranzuziehen sind. Im Rahmen der Untersuchungen wurden verschiedene Prüfkriterien verwendet, die im folgenden Abschnitt aufgeführt und diskutiert werden.

In gefahrlosen „virtuellen“ Prüfanordnungen ist ein Vergleich von Systemauslegungen über **Kollisionsraten** grundsätzlich möglich. Dabei ist zu berücksichtigen, dass nach heutigem technischem Stand eine „Transferfunktion“ für Kollisionen auf das Realfahrzeug nicht existiert, d.h. in Simulationsumgebungen ermittelte Kollisionsraten sind nicht ohne

weiteres auf das Realfahrzeug übertragbar. Unter Berücksichtigung dieser Einschränkungen sind in Simulationsumgebungen erhobene Kollisionsraten daher nur innerhalb der Prüfumgebung zu interpretieren.

Neben der Kollisionsrate kann ein Vergleich der **räumlichen und zeitlichen (z.B. Time to Collision) Abstandskennwerte** herangezogen werden. Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass situative Randbedingungen die Ergebnisse in allen Prüfanordnungen in ähnlicher Weise beeinflussen, sodass relevante Einflussfaktoren identifiziert werden können. Im Gegensatz zu binären Kriterien wie der Kollisionsrate sind sie zudem besser zwischen verschiedenen Prüfanordnungen vergleich- und übertragbar, da bereits Tendenzen erfasst werden können. Von einer direkten Übertragbarkeit der Ergebnisse kann nach aktuellem Kenntnisstand jedoch nicht ausgegangen werden.

Klassischerweise werden **fahrdynamische Kennwerte** wie z.B. die Gierrate zur Kontrollierbarkeitsbewertung herangezogen. Daraus abgeleitete Grenzwerte gewährleisten die Beherrschbarkeit kontinuierlich wirkender oder unterstützender Assistenzsysteme (Wirkweise A und B nach Gasser & Auerswald, 2016). Für im Gefahrenfall wirkende Ausweichassistenzsysteme (Wirkweise C nach Gasser & Auerswald, 2016) jedoch können diese Kriterien infolge der hohen Dynamik des zur Unfallvermeidung erforderlichen Ausweichvorgangs und der vom System geleisteten Trajektorienkontrolle nicht herangezogen werden. Dennoch können verschiedene fahrdynamische Parameter wie z.B. Quer- und Längsbeschleunigung für die vergleichende Bewertung herangezogen werden, um Maßnahmen zu identifizieren, die sowohl die Gebrauchssicherheit als auch die Kontrollierbarkeit erhöhen und Unterschiede zwischen den Prüfumgebungen festzustellen. Ergänzend können Kriterien herangezogen werden, die unabhängig von der unmittelbaren Fahrdynamik die Effekte der Fahrer-Fahrzeug-Interaktion auf die Spurführung abbilden wie z.B. der maximale Querversatz. Die vorliegenden Ergebnisse deuten darauf hin, dass dieser in den verschiedenen Prüfumgebungen in ähnlicher Weise von der Situationsgestaltung abhängt.

Subjektive Kriterien wie z.B. die Störungsbewertungsskala (Neukum & Krüger, 2003) oder die Skala zur Beurteilung der Kritikalität von Fahr- und Verkehrssituationen (Neukum et al., 2008), die in einer Vielzahl klassischer Kontrollierbarkeitsuntersuchungen erfolgreich Anwendung fanden, eignen sich für die Evaluation von im Gefahrenfall wirkenden Ausweichassistenzsystemen nur bedingt (vgl. hierzu Neukum, 2015). Insgesamt zeigt sich, dass die subjektive Einschätzung über verschiedene Prüfumgebungen hinweg vergleichbare Ergebnisse liefert. Jedoch sollte bei der Bewertung der Gebrauchssicherheit im Nutzenfall darauf geachtet werden, dass bereits eine kritische Ausgangssituation vorliegt, was die Eignung des Kriteriums aufgrund von Deckeneffekten bei der Bewertung einschränkt. Zusätzlich sind Fahrer aufgrund der zur Unfallvermeidung erforderlichen hohen Dynamik der Eingriffe möglicherweise nicht dazu in der Lage, bei der Bewertung ausreichend zwischen unterschiedlichen Implementierungen zu differenzieren.

1.2.2.3 Einfluss der Fahrerablenkung

Zusätzlich wurde in einer weiteren Untersuchung die Frage aufgegriffen, inwiefern sich die Bearbeitung einer fahrfremden Tätigkeit auf die Beherrschbarkeit fehlerhafter Eingriffe eines Notausweichassistenten auswirkt. Im Kontext der Kontrollierbarkeitsbewertung existieren bisher kaum Leitlinien zur Gestaltung der Prüfsituation. Vor diesem Hintergrund wird daher häufig diskutiert, welche Rolle die Ablenkung des Fahrers auf die Beherrschbarkeit nicht berechtigter Systemeingriffe hat. Wirkt sich die Ablenkung des Fahrers auf die Beherrschbarkeit aus, müsste dies bei der Absicherung berücksichtigt werden, was den Prüfaufwand vergrößern würde. Die gewonnenen Ergebnisse können daher dazu beitragen, Empfehlungen für die Gestaltung von Prüfsituationen auszusprechen, was eine bessere Abschätzung des erforderlichen Prüfaufwandes ermöglicht.

Eine Fragestellung von KON war es zu prüfen, ob der Faktor Ablenkung des Fahrers im Rahmen von Kontrollierbarkeitsuntersuchungen zu berücksichtigen ist. In einer Studie im dynamischen Fahrsimulator mit N=32 Probanden wurde seitens IZVW überprüft, wie sich Ablenkung auf die Beherrschbarkeit kurzzeitiger, starker Lenkeingriffe zur Kollisionsvermeidung auswirkt. Die Ergebnisse dieser Studien wurden im AP3000 ausführlich dokumentiert. Zur Ablenkung des Fahrers wurde eine visuelle Nebenaufgabe implementiert, die mit Hilfe der folgenden Abbildung erläutert wird.



Abbildung 1-4: Umsetzung der Nebenaufgabe im dynamischen Simulator. Links ist ein Distraktor dargestellt, rechts ein Target. Die Probanden wurden instruiert, die weiß markierte Taste zu betätigen, sobald eine Ziffer auf dem Display erschien. Rechts unterhalb der Buchstaben/Ziffern wurde die Anzahl korrekter und falscher Antworten rückgemeldet.

Insgesamt konnte nicht nachgewiesen werden, dass die Ablenkung einen bedeutsamen Einfluss auf die Beherrschbarkeit des unberechtigten Systemeingriffs hat. Zwar ließen sich vereinzelt Einflüsse identifizieren, die Unterschiede waren allerdings sehr gering: Im Vergleich zu aufmerksamen Fahrern erzeugten abgelenkte Fahrer tendenziell größere Lenkradausschläge in Folge des unberechtigten Systemeingriffs, was zumindest tendenziell zu größeren Querablagen führte. Diese Tendenz zeigte sich allerdings vor allem

dann, wenn der Fahrer vor dem Eingriff keine Warnung erhielt. Erhielt der Fahrer jedoch eine visuell-akustische Warnung, zeigte sich diese Tendenz nicht.

Dies kann möglicherweise ein Hinweis darauf sein, dass abgelenkte Fahrer mehr von der Warnung profitierten als aufmerksame Fahrer. Allerdings bestand hier kein bedeutsamer Unterschied zwischen Fahrern, die eine Warnung erhalten haben und Fahrern, die keine Warnung erhalten haben.

Auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse wird zusammenfassend davon ausgegangen, dass der Einfluss der Ablenkung bei der Evaluation der Kontrollierbarkeit zu vernachlässigen ist, solange der Fahrer mindestens eine Hand am Lenkrad hat und der Eingriff mittels einer Lenkmomentenüberlagerung erfolgt.

1.2.2.4 Einfluss der Handhaltung

Aus den Studien zum Einfluss der Fahrerablenkung wurde ersichtlich, dass die Handhaltung möglicherweise einen Einfluss auf die Evaluation der Kontrollierbarkeit von Ausweichassistenten hat. Im Rahmen einer Simulatorstudie mit N=20 Probanden wurde daher überprüft, wie sich die Handhaltung (einhändige vs. zweihändige Lenkradhaltung) auf die Reaktionssystematik und die Kontrollierbarkeitsbewertung auswirkt.

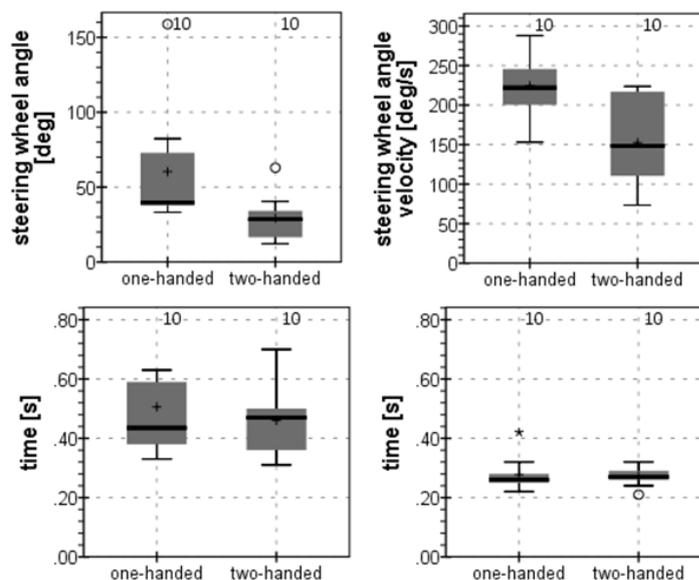


Abbildung 1-5. Reaktionssystematik in Folge eines unberechtigten Systemeingriffs eines Notausweichassistenten.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Reaktionssystematik deutlich von der Handhaltung beeinflusst wird. Bei einhändiger Lenkradhaltung ergeben sich in Folge eines unberechtigten Eingriffs deutlich höhere Lenkradwinkelgeschwindigkeiten als bei zweihändiger Lenkradhaltung, obwohl die Fahrer ähnlich schnell reagieren (vgl. Abbildung 1-5).

Für die Evaluation der Kontrollierbarkeit unberechtigter Systemeingriffe, insbesondere bei Verwendung einer Lenkmomentenüberlagerung, wird daher empfohlen, eine einhändige Lenkradhaltung vorzugeben.

1.2.2.5 Einfluss der Systemgestaltung auf die Kontrollierbarkeit von Notausweichassistenten

Ausgangspunkt der Arbeiten des IZVW zu diesem Themenschwerpunkt war eine fortlaufende Literaturrecherche und Zusammenstellung des aktuellen Literaturstands zur Thematik „Ausweichen in kritischen Fahrsituationen“. Daraus konnten detaillierte Fragestellungen für die empirischen Untersuchungen abgeleitet werden.

Ziel der empirischen Untersuchungen war es, Faktoren zu identifizieren, die die Gebrauchssicherheit und Beherrschbarkeit von Notausweichassistenten beeinflussen können.

1.2.2.5.1 Ergebnisse der fortlaufenden Literaturanalyse

Im Nutzenfall besteht die Möglichkeit, dass der Fahrer unbeabsichtigter Weise den Systemeingriff abschwächt oder verstärkt und somit eine potenzielle Störgröße darstellt. Dabei kann der Erfolg des Ausweichmanövers unmittelbar (in Bezug auf das Objekt, vor dem ausgewichen werden soll) oder mittelbar (in Bezug auf sekundäre Objekte, z.B. weitere, bisher unbeteiligte Verkehrsteilnehmer im Umfeld der Ausweichsituation) beeinflusst werden. Hinweise darauf liefern unter anderem Studien von Bräuchle, Flehmig, Rosenstiel & Kropf, Brockmann et al. (2013) und Hesse et al. (2013).

Entscheidend ist hierbei auch die technische Umsetzung des Systemeingriffs. Eine Möglichkeit ist beispielweise die Aufschaltung eines Lenkradwinkels oder eines gerichteten Lenkmoments über die direkte Ansteuerung der EPS-Lenkung. Weitere Möglichkeiten sind die Verwendung eines korrigierenden Bremsingriffs (z. B. Mercedes „Aktiver Totwinkel-Assistent“) oder einer sogenannten Steer-by-Wire-Lenkung (vgl. Hesse et al., 2013 und Itoh & Inagaki, 2013). Während die Aufschaltung eines Lenkradwinkels oder eines gerichteten Lenkmoments über die Ansteuerung der EPS-Lenkung zwangsläufig von den Lenkeingaben des Fahrers beeinflusst wird, erlaubt die Verwendung von Steer-by-Wire eine teilweise oder auch vollständige Entkoppelung des Fahrers von der Querverführung. Dies hat sowohl Vor- als auch Nachteile im Hinblick auf die Kontrollierbarkeit. So kann zwar die Wirksamkeit im Nutzenfall erhöht werden, im Fehlerfall verhindert diese Entkopplung aber auch, dass der Fahrer korrigierend eingreifen kann.

Wird der Systemeingriff durch eine Ansteuerung des Lenkrads realisiert, berichten Brockmann et al. (2013) sowie Hesse et al. (2013), dass die Mehrzahl der Fahrer während des Systemeingriffs das Lenkrad festhält oder gegensteuert. Ähnliche Ergebnisse berichten Bräuchle et al. (2013). Sie zeigen, dass sich der Querversatz bei einem kombinierten Brems- und Ausweichmanöver durch die Dämpfung des Fahrers von 0.6 m auf 0.25 m reduziert.

Hinweise auf mögliche Ursachen für die Dämpfung der Systemeingriffe werden in den Studien von Neukum et al. (2010) berichtet. So wird unter anderem aufgezeigt, dass sowohl der Zeitpunkt des Eingriffs als auch die Gestaltung einen starken Einfluss darauf haben, ob der Fahrer einen Eingriff in die Querführung mithilfe eines Zusatzlenkmoments am Lenkrad aufnimmt oder nicht. Startet der (berechtigte) Systemeingriff bevor der Fahrer selbst mit einem Lenkeingriff beginnt, kann der Systemeingriff den Lenkeingriff des Fahrers deutlich verzögern und es zeigen sich Regelungsaktivitäten, die denen einer Kompensation unberechtigter Eingriffe ähneln. Liegt der Systemeingriff in der Nähe des vom Fahrer initiierten Lenkeingriffs, wird beobachtet, dass der Fahrer dazu in der Lage ist, den Systemeingriff aufzugreifen. Neukum et al. (2010) nehmen an, dass beim Zusammenspiel von Systemeingriffen und fahrerinitiierten Lenkeingriffen nicht bewusst ablaufende, sehr schnelle motorische Prozesse eine Rolle spielen. Zusätzlich werden mögliche Einflüsse von aufbauendem Gradienten und maximaler Amplitude diskutiert. Allerdings wird keine Antwort darauf gegeben, inwieweit diese Reaktionen durch Kraft- und/oder Wegänderungen am Lenkrad initiiert sind (vgl. Neukum et al., 2010). Des Weiteren gibt es Hinweise darauf, dass die Hand- und Armhaltung einen entscheidenden Einfluss auf die Stärke der Dämpfung hat (Tanaka, Kanda & Yamada, 2006).

Brockmann et al. (2013) und Hesse et al. (2013) berichten lediglich von unspezifischen Möglichkeiten, die negativen Auswirkungen der Dämpfung des Fahrers zu reduzieren: Beispielsweise indem die Gesamtstärke des Eingriffs erhöht wird (max. Amplitude bis zu 9.9 Nm) oder die Lenkeingaben des Fahrers für eine bestimmte Zeit vollständig ignoriert werden (sog. Steer-by-Wire, vgl. auch Itoh & Inagaki, 2013). Beide Ansätze führen allerdings zwangsläufig dazu, dass ein unberechtigter Systemeingriff in die Querführung (Fehlerfall) für den Fahrer nicht mehr kontrollierbar ist. Bestätigt wird dies auch durch die Ergebnisse von Hesse et al. (2013), die zeigen, dass im Falle unberechtigter Auslösungen von Eingriffen mit hohen Amplituden oder einer Entkoppelung des Fahrers, Querversätze von mehr als 0.85 m auftreten.

Um den Systemeingriff im Fehlerfall dennoch beherrschen zu können, müssen in diesem Fall Abbruchkriterien eingeführt werden, die es dem Fahrer erlauben, den Eingriff zu übersteuern. Hierzu werden zum einen feste Schwellwerte diskutiert, wie etwa bestimmte Abweichungen des Lenkradwinkels oder das Auftreten bestimmter Handmomente über eine gewisse Dauer (vgl. Hesse et al., 2013; Brockmann et al., 2013). Zum anderen werden Funktionen vorgeschlagen, die auf Basis des Regelungsverhaltens des Fahrers versuchen, eine beabsichtigte Übersteuerung zu ermitteln (Bräuchle et al., 2013).

Allen berichteten Studien ist gemein, dass im Nutzenfall nicht genauer untersucht wurde, in welchen Zeitbereichen eine Dämpfung des Eingriffs durch den Fahrer vorliegt und wie stark diese jeweils ausfällt. Zusätzlich stellt sich nach dem aktuellen Stand der Literatur die Frage, welche Bedingungen erfüllt sein müssen, damit ein Fahrer das Fahrzeug – auch im Falle eines unberechtigten Eingriffs – wieder sicher übernehmen kann. Dies betrifft beispielsweise Aspekte wie die Ausrichtung des Fahrzeugs oder die Gestaltung der Übergabe der Fahrzeugkontrolle nach einem erfolgten Eingriff bzw. bei einem Abbruch.

1.2.2.5.2 Exemplarische Untersuchungen zum Einfluss der Systemgestaltung auf die Kontrollierbarkeit

Auf Basis der Literaturanalyse wurden Fragestellungen abgeleitet, die im Rahmen mehrerer exemplarischer Untersuchungen adressiert wurden.

- Zu welchem Zeitpunkt kann frühestens von einer bewussten und zielgerichteten Übersteuerung des Fahrers ausgegangen werden und wie kann diese erkannt werden?
- Welche unangemessenen/störenden Verhaltensweisen durch den Fahrer können während des Eingriffs auftreten?
- Wie müssen Lenkeingriffe in zeitkritischen Ausweichsituationen gestaltet sein, um ein sicheres Ausweichen zu ermöglichen?
- Welche Maßnahmen können zu einer Verbesserung der Beherrschbarkeit unberechtigter Systemeingriffe beitragen?

Insgesamt wurden im Rahmen des Teilprojekts KON am IZVW zu diesem Themenschwerpunkt vier Studien durchgeführt (vgl. Abbildung 1-6).

Gegenstand	Fragestellung	Stichprobe
Studie 1 - Lenkempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> • Einfluss des Gradienten des Zusatzlenkmoments • Einfluss von Amplitude und Dauer 	N=32
Studie 2 - Lenkeingriffe	<ul style="list-style-type: none"> • Einfluss unterschiedlicher Lenkradwinkelverläufe 	N=40
Studie 3 - Warnungen	<ul style="list-style-type: none"> • Einfluss von Warnungen auf die Kontrollierbarkeit unberechtigter Systemeingriffe 	N=60
Studie 4 - Teilentkopplung	<ul style="list-style-type: none"> • Auswirkung teilentkoppelter Lenkeingriffe auf die Kontrollierbarkeit unberechtigter Systemeingriffe 	N=30

Abbildung 1-6. Studienübersicht zum Themenschwerpunkt „Exemplarische Untersuchungen zum Einfluss der Systemgestaltung auf die Kontrollierbarkeit“.

Zu welchem Zeitpunkt kann frühestens von einer bewussten und zielgerichteten Übersteuerung des Fahrers ausgegangen werden und wie kann diese erkannt werden?

Im Rahmen der Untersuchungen wurden weitestgehend stabile Reaktionsmuster der Fahrer beobachtet, die im Folgenden beschrieben werden (siehe auch Schneider, Purucker & Neukum, 2015).

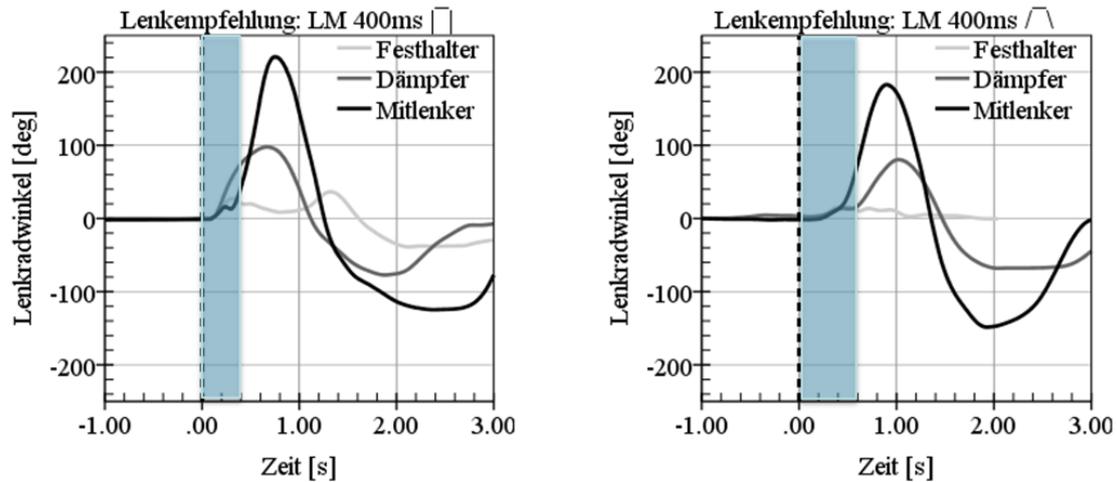


Abbildung 1-7: Zeitverlauf des Lenkradwinkels in Abhängigkeit von der Fahrerreaktion für unterschiedliche Lenkmomentcharakteristiken einer Lenkempfehlung.

Bei der Betrachtung der Fahrerreaktion sind in Folge des Systemeingriffs grob zwei Phasen zu unterscheiden: Die erste Phase dauert typischerweise ca. 200-800 ms. Sie wurde für das manuelle Fahren mit beiden Händen am Lenkrad in allen Prüfsituationen beobachtet. In dieser Zeit kann die Fahrerreaktion durch typische Muster beschrieben werden, unabhängig davon, ob ein berechtigter oder ein unberechtigter Eingriff vorliegt (siehe Abbildung 1-7). Dementsprechend kann auf Basis der vorliegenden Verhaltensdaten innerhalb dieses Zeitraums keine Übersteuerungs- oder Mitlenkintention des Fahrers erkannt werden. Aktuell ist davon auszugehen, dass diese Zeitspanne für den Fahrer erforderlich ist, um zu entscheiden, ob er dem Systemeingriff folgt oder nicht.

Die zweite Reaktionsphase ist im Wesentlichen durch die Intention des Fahrers geprägt, den Eingriff entweder zu übersteuern oder aufzugreifen. Greift der Fahrer den systeminitiierten Eingriff auf, reduziert sich in der Regel die Dämpfung durch den Fahrer. Versucht er den Eingriff zu übersteuern, wird die Dämpfung beibehalten oder weiter verstärkt. Dennoch wird teils unabhängig davon, ob der Fahrer der Ausweichbewegung folgt oder nicht, eine weitere Dämpfung der systeminitiierten Lenkbewegung beobachtet.

Welche unangemessenen/störenden Verhaltensweisen durch den Fahrer können während des Eingriffs auftreten?

Abgesehen von der bereits beschriebenen Dämpfung des Eingriffs zu Beginn des Ausweichvorgangs wurden keine Anhaltspunkte für zusätzliche Risiken durch „übertriebene“ oder unangemessene Fahrerreaktionen auf die Systemreaktion beobachtet.

Wie müssen Lenkeingriffe in zeitkritischen Ausweichsituationen gestaltet sein, um ein sicheres Ausweichen zu ermöglichen?

Systemgestaltungen, die den Fahrer bei der Verfolgung einer sicheren Ausweichtrajektorie und die Wiederausrichtung des Fahrzeugs unterstützen (Studie 2 – Lenkeingriffe), erhöhen die Gebrauchssicherheit im Vergleich zu reinen Ausweichempfehlungen z.B. mittels gerichteter Lenkmomente (Studie 1 - Lenkempfehlungen). Allerdings konnte auch gezeigt werden, dass Fahrer nur in wenigen Fällen dem berechtigten Eingriff eines Notausweichassistenten folgen. Dies zeigt sich zwar auch im Falle eines unberechtigten Eingriffs, dennoch werden substantielle Spurversätze beobachtet, die nahe legen, dass der Fahrer unberechtigte Eingriffe nicht vollständig beherrschen kann. Grundsätzlich zeigt sich zudem, dass Lenkeingriffe mittels einer Lenkmomentenaufschaltung besser kontrolliert werden können, wenn das Lenkmoment reduziert wird (z.B. von 6 auf 4 Nm). Allerdings muss hierbei berücksichtigt werden, dass diese Maßnahmen auch die Wirksamkeit beeinträchtigen können.

Zusätzlich konnte im Rahmen einer explorativen Studie (Studie 4 – Teilentkopplung) im dynamischen Simulator gezeigt werden, dass bei Ausweicheingriffen mit Aktoren, die kein unmittelbares Feedback am Lenkrad erzeugen (z.B. mittels „Steer by Wire“), möglicherweise mit anderen Reaktionsmustern und verzögerten Reaktionen zu rechnen ist, was die Beherrschbarkeit negativ beeinflussen könnte.

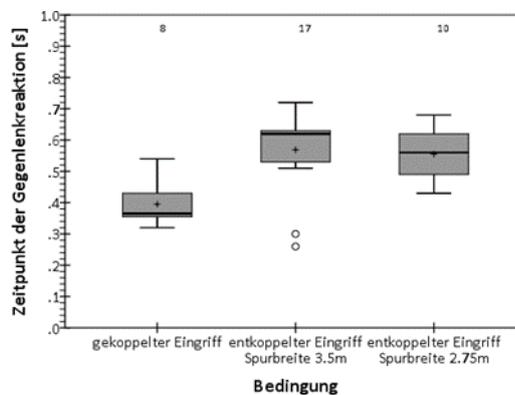


Abbildung 1-8. Zeitpunkt der Gegenlenkreaktion für Eingriffe mit Feedback am Lenkrad (gekoppelter Eingriff) und ohne Feedback am Lenkrad (entkoppelter Eingriff).

Welche Maßnahmen können zu einer Verbesserung der Beherrschbarkeit unberechtigter Systemeingriffe beitragen?

Neben der Eingriffsgestaltung und der Eingriffsstrategie untersuchte das IZVW unterschiedliche Warnungen, die dem Fahrer kurz vor Beginn des Ausweichvorgangs dargeboten wurden. Dazu wurden im Rahmen einer Untersuchung im dynamischen Fahrsimulator insgesamt fünf unterschiedliche Warnungen implementiert (Studie 3 – Warnungen).

Allerdings gibt es bezüglich der untersuchten Warnungen, die den Fahrer auf einen folgenden Systemeingriff vorbereiten sollen, keine klaren Erkenntnisse. Grundsätzlich können geeignete Warnungen dazu beitragen, entsprechend der gewählten Modalität, das Fahrerverhalten zu beeinflussen. Je nach Art und Gestaltung der eingesetzten Warnung erhöht oder verringert sich der Anteil Fahrer, die im Falle eines unberechtigten Eingriffs als „Mitlenker“ klassifiziert werden. Der Warnzeitpunkt scheint dabei entscheidend für die Auswirkungen der Warnung zu sein.

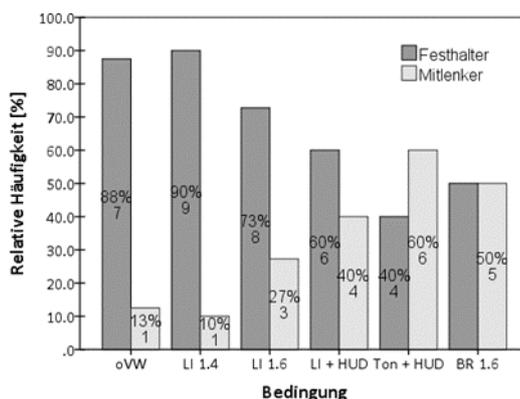


Abbildung 1-9. Anteil der als Mitlenker/Festhalter klassifizierten Fahrer im Falle eines unberechtigten Systemeingriffs.

Insgesamt führten die untersuchten Warnungen jedoch nicht zu einer Verbesserung der Kontrollierbarkeit im Falle eines unberechtigten Eingriffs im Vergleich zur Baseline, so dass bezüglich der Verwendung von Warnungen keine eindeutige Empfehlung ausgesprochen werden kann.

Allerdings sollte bei der Verwendung von Warnsignalen, die aktiv in das Fahrgeschehen eingreifen, wie kurzzeitige Brems- oder Lenkimpulse, auch die Warnung bei der Bewertung der Kontrollierbarkeit berücksichtigt werden, um auszuschließen, dass sich diese negativ auf die Kontrollierbarkeit auswirkt.

1.2.3 Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Die Personalkosten für die Projektmitarbeiter sowie wissenschaftliche Hilfskräfte stellen den mit Abstand größten Posten dar. Weiterhin fielen Kosten für die Vorbereitung und Durchführung der empirischen Arbeiten an (Entwicklung der Prüfzenarien, Implementierung der Mensch-Maschine-Schnittstellen, Simulatormieten). Diese Arbeiten wurden im Rahmen eines Unterauftrags durch die WIVW GmbH durchgeführt. Darüber hinaus standen Reisemittel für projektinterne Treffen sowie Reisen zur Verbreitung der Ergebnisse auf Fachkongressen sowie der Zwischen- und Abschlusspräsentation zur Verfügung. Über die Details wird im zahlenmäßigen Verwendungsnachweis berichtet.

1.2.4 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Der Verlauf der Arbeiten im Teilprojekt KON folgte weitgehend der in der Vorhabenbeschreibung vorgesehenen Planung.

- Eine geringfügige Anpassung des Zeitplanes (Verzögerung um ca. drei Monate) im vierten Quartal des zweiten Jahres ergab sich aufgrund erforderlicher technischer Umbauten im dynamischen Simulator des WIVW. Hier war es aufgrund der KA-Anforderungen notwendig, das bislang im dynamischen Simulator des WIVW verbaute Lenksystem (ZF-LS) zu ersetzen. Seitens WIVW erfolgte die Umrüstung auf ein Lenksystem der Fa. Sensodrive. Die Verzögerung konnte im 1. Quartal des dritten Projektjahres aufgeholt werden.
- Abweichend von der Vorhabenbeschreibung wurde ein für die „Statistische Modellierung“ vorgesehener Unterauftrag nicht vergeben, da sich im Zuge der Projektarbeiten zur Methodik im Arbeitspaket 1000 nach Aufarbeitung des Literaturstands und der Diskussion im KON-Konsortium herausstellte, dass eine tiefergehende statistische Modellierung für die Thematik nicht zielführend ist. Die vorgesehenen Mittel wurden in Personalkosten für die Durchführung einer über die Vorhabenbeschreibung hinausgehenden Studie zur Thematik „Einfluss der Handhaltung am Lenkrad“ umgewidmet.

Insgesamt wurden die im Arbeitsplan formulierten Aufgaben erfolgreich bearbeitet. Zusätzliche Ressourcen waren nicht notwendig.

1.2.5 Voraussichtlicher Nutzen: Verwertbarkeit der Ergebnisse

Die im Teilprojekt KON gewonnenen Erkenntnisse liegen schwerpunktmäßig sowohl inhaltlich als auch methodisch im Bereich „Beherrschbarkeit technischer Systeme“. Sie leisten damit einen wichtigen Beitrag für eine effiziente Einführung von Fahrerassistenz im urbanen Raum. Die Resultate wurden den industriellen Partnern in UR:BAN und im Rahmen von Veröffentlichungen auch weiteren Interessenten zur Verfügung gestellt. Die Universität Würzburg selbst hat keine direkten wirtschaftlichen Verwertungspläne.

Das Institut hat durch die Bearbeitung der KON-Fragestellungen bestehende Erfahrungen auf dem Gebiet der präventiven Sicherheit und der Fahrerassistenzsysteme ausgebaut, was dazu beiträgt, die in diesem Projekt gesammelten Erfahrungen in künftigen Industriekooperationen weiter umzusetzen. Ein Beispiel hierfür ist die Beteiligung des Instituts im nationalen Verbundprojekt Ko-HAF. Die Bearbeitung von KON stärkt zudem die Rolle der Universität Würzburg als wichtige Forschungseinrichtung im Bereich der kognitiven Ergonomie im internationalen Umfeld.

Ein weiterer zentraler Nutzen ist die Qualifizierung von wissenschaftlichem Nachwuchs auf dem Gebiet der kognitiven Ergonomie. Die Ergebnisse von KON wurden so z.B. in die aktuelle, einschlägige Lehre eingebracht. Durch die Mitarbeit von wissenschaftlichen Hilfskräften bei der Durchführung, die Mitarbeit von Studenten in Praktika und durch Ba-

achelor- und Masterarbeiten wurde die Einbindung des studentischen Nachwuchses gefördert.

1.2.6 Bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stelle

Soweit bekannt nehmen die Arbeiten innerhalb des Teilprojektes Kontrollierbarkeit eine Vorreiterrolle zu dem Themenbereich ein. Publikationen zu dem relevanten Themenbereich innerhalb der letzten Jahre stammen fast ausschließlich von UR:BAN oder beteiligten Industriepartnern. Eine Ausnahme bilden dabei die Veröffentlichungen im Rahmen des EU-Projekts interactive von Hesse et al. (2013), Schieben et al. (2014) und Fricke et al. (2015). Allerdings lag der Fokus der Studien nicht auf Assistenzfunktionen für den innerstädtischen Bereich, der Entwicklung von Prüfanordnungen oder der Bewertung der Kontrollierbarkeit.

1.2.7 Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen der Ergebnisse

Die gewonnenen Erkenntnisse wurden sowohl im Rahmen von Fachgesprächen auf Konferenzen als auch durch projektinterne Publikation, Publikation in wissenschaftlichen Fachzeitschriften und Vorträge auf Fachtagungen kommuniziert. Zusätzlich wurden die Untersuchungen für die Erstellung von qualifizierenden Arbeiten an der Universität Würzburg verwendet. Des Weiteren werden auch nach Ende der offiziellen Projektlaufzeit weitere Veröffentlichungen auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse angestrebt. Im Folgenden werden die einzelnen Beiträge aufgeführt:

Qualifizierende Arbeiten

Im Rahmen des Teilprojekts KON entstanden an der Universität Würzburg zwei Forschungspraktika, zwei Bachelorarbeiten und eine Masterarbeit. Zusätzlich werden die Projektergebnisse im Rahmen einer Dissertation an der Universität Würzburg verwendet.

Im Rahmen des Teilprojekts UR:BAN KON erfolgte Veröffentlichungen

Purucker, C., Rüger, F., Schneider, N., Neukum, A., & Färber, B. (2014). Comparing the perception of critical longitudinal distances between dynamic driving simulation, test track and Vehicle in the Loop. In N. Stanton, G. Di Bucchianco, A. Vallicelli, & S. Landry (Hrsg.), *Advances in Human Aspects of Transportation. Proceedings of the 5th AHFE Conference*. Krakau, Polen. 19.-23.07., 421-430.

Rüger, F., Purucker, C., Schneider, N., Neukum, A., & Färber, B. (2014). Validierung von Engstellenszenarien und Querdynamik im dynamischen Fahrsimulator und Vehicle in the Loop. In B. Färber (Hrsg.), *9. Workshop Fahrerassistenzsysteme. Walting im Altmühltal*. 26.-28.03. (S. 137-146). Darmstadt: Uni-DAS.

Schneider, N., Purucker, C., & Neukum, A. (2015). Comparison of Steering Interventions in Time-critical Scenarios. *Procedia Manufacturing*, 3, 3107-3114. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.858>

Schneider, N. & Neukum, A. (2016). Einfluss der Systemgestaltung von Ausweichassistenten auf die Kontrollierbarkeit. UR:BAN Konferenz, Garching, Deutschland.18.-19.02.

Im Rahmen des Teilprojekts UR:BAN KON geplante Veröffentlichungen

Zusätzlich zu den genannten Veröffentlichungen beteiligt sich das IZVW mit drei Beiträgen an dem geplanten MV Buch, dass in englischer Sprache beim Springer-Verlag erscheinen soll und damit einem internationalem Publikum zugänglich sein wird. Die Titel der geplanten Buchbeiträge lauten:

Purucker, C., Schneider, N., Rueger, F. & Frey, A.. „Validity of research environments. Comparing criticality perceptions across research environments“,

Schneider, N., Berg, G., Paradies, S., Zahn, P., Huesmann, A. & Neukum, A.. „Designing emergency steering and evasion assist to enhance safety in use and controllability“

Auerswald, R., Frey, A. & Schneider, N.. „Integrating Different Kinds of Driver Distraction in Controllability Validations“.

Des Weiteren sollen zwei weitere wissenschaftliche Beiträge in einschlägigen Fachzeitschriften veröffentlicht werden.

Schneider, N. & Neukum, A. (2016). Influence of hand position on driver reaction patterns to steering interventions. (Journal Beitrag)

Schneider, N., Befelein, D. & Neukum, A. How do intervention characteristics and driver warnings influence effectiveness and controllability of advanced automatic steering interventions in collision situations?. (Journal Beitrag)

1.3 Referenzen

Bräuchle, C., Flehming, F., Rosenstiel, W. & Kropf, T. (2013). Das Fahrerverhalten als Indikator für Fehlauflösungen von aktiven Kollisionsvermeidungsmanövern. VDI-Berichte

Brockmann, M., Johansson, E., Rambaldini, A. et al. (2013). Deliverable D3.1 | Results from IWV Evaluation - Executive Summary. EU Project interactIVe.

Commission of the European Communities. (2006). Commission recommendation on safe and efficient in-vehicle information and communication systems: update of the European Statement of Principles on human machine interface. Official Journal of the European Union, L32, 200-241.

Fricke, N., Griesche, S., Hesse, T., Schieben, A. & Baumann, M. (2015). Driver behavior following an automatic steering intervention. *Accident Analysis & Prevention*, 83, 190–196.

- Gasser, T. M. & Auerswald, R. (2016). Vervollständigung der Landkarte Fahrzeugautomatisierung, UR:BAN Konferenz. Garching.
- ISO 26262-3. (2011). Road vehicles - Functional safety - Part 3: Concept phase. International Organization for Standardization.
- Hesse, T., Schieben, A., Heesen, M., Dziennus, M., Griesche, S. & Köster, F. (2013). Interaction design for automation initiated steering manoeuvres for collision avoidance. 6. Tagung Fahrerassistenz. München: TÜV Süd.
- Neukum, A. (2010). Controllability of erroneous steering torque interventions: Driver reactions and influencing factors. chassis.tech plus 2010. Munich, June 08/09.
- Neukum, A., Mehrjerdian, E., Greul, R. & Gaedke, A. (2010). Einflussfaktor Fahrzeug – Zur Übertragbarkeit von Aussagen über die Wirkung von Zusatz-lenkmomenten. VDI-Berichte, 2104, 361-374
- Neukum, A., Paulig, J., Frömmig, L. & Henze, R. (2010). Untersuchung zur Wahrnehmung von Lenkmomenten bei Pkw. FAT-Schriftenreihe, 222
- Neukum, A. (2015). Beherrschbarkeit fehlerhafter Eingriffe in die Fahrzeugquerdynamik. In K. Kompaß (Hrsg.), Fahrerassistenz und Aktive Sicherheit. Haus der Technik Fachbuch. 137, S. 122-138. Renningen: expert verlag.
- Neukum, A. & Krüger, H.-P. (2003). Fahrerreaktionen bei Lenksystemstörungen - Untersuchungsmethodik und Bewertungskriterien. VDI-Berichte, 1791, 297-318.
- Neukum, A., Lübbecke, T., Krüger, H. P., Mayser, C. & Steinle, J. (2008). ACC-Stop&Go: Fahrerverhalten an funktionalen Systemgrenzen. Workshop Fahrerassistenzsysteme, Walting.
- Itoh, M., Horikome, T., & Inagaki, T. (2013). Effectiveness and driver acceptance of a semi-autonomous forward obstacle collision avoidance system. Applied Ergonomics, 44(5), 756-763. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.apergo.2013.01.006>
- RESPONSE Consortium. (2009). Code of practice for the design and evaluation of ADAS. RESPONSE III: a PReVENT Project. http://www.acea.be/uploads/publications/20090831_Code_of_Practice_ADAS.pdf
- Tanaka, Y., Kanda, R. & Yamada, N. (2006). Virtual Driving Simulator for Measuring Dynamic Properties of Human Arm Movements. Journal of Robotics and Mechatronics, 18(2).

2 Teilprojekt MV – SIM

2.1 Kurzdarstellung

2.1.1 Aufgabenstellung und Zielsetzung

Im Fokus des Teilprojektes „Simulation und Verhaltensmodellierung“ (SIM) standen die Analyse und generisch-deskriptive Modellierung des Verhaltens der Verkehrsteilnehmer und deren Interaktionen unter Berücksichtigung neuer Fahrerassistenzsysteme (FAS) und intelligenter Verkehrssysteme (IVS) im urbanen Raum. Die Arbeiten hatten das Ziel, bestehende Fahr- und Verkehrssimulationen so weiter zu entwickeln, dass das resultierende Verhalten der Verkehrsteilnehmer in Kooperation mit neuen Systemen aus KA und VV realitätsnäher abgebildet und untersucht werden kann.

Das System Fahrer-Fahrzeug-Umfeld wurde dabei in drei Abstraktionsstufen untersucht: Zum einen die vollständige Simulation (Verkehrssimulation), zum zweiten die Interaktion eines oder mehrerer realer Verkehrsteilnehmer mit simulierten Fahrzeugen und Verkehrsumgebungen (Vernetzte Simulation) und zum dritten die Darstellung relevanter Verkehrsszenarien im kontrollierten Feld mit besonderem Fokus auf der Simulation von Stadtverkehrsszenarien und der Fahrzeug-Fußgänger Interaktion.

Schwerpunkt der Arbeiten des IZVW waren der Einsatz und die Weiterentwicklung vernetzter Fahrsimulationen. Hierbei wurden zwei Arten der vernetzten Fahrsimulation eingesetzt: Eine vernetzte Pkw-Motorrad-Fahrsimulation sowie eine mit vier Fahrstationen vernetzte Fahrsimulation (sog. Pulksimulation). Die in diesen Umgebungen durchgeführten Studien sollten inhaltliche Aspekte der Interaktion zwischen Verkehrsteilnehmern bzw. der Evaluation von Assistenzfunktionen im urbanen Raum untersuchen.

Auf Basis dieser Arbeiten und der Arbeiten der übrigen Projektpartner im Teilprojekt SIM sollte mit einem Methodenhandbuch eine Methodologie von Studien in der vernetzten Fahrsimulation entwickelt werden.

2.1.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Ausgangspunkt für die Arbeiten im Teilprojekt SIM waren vorhandene erste prototypische Darstellungen der vernetzten Simulation (z.B. IZVW, DLR) zur Erfassung der Interaktion zwischen Verkehrsteilnehmern (z.B. Maag & Mark, 2012; Maag, Mühlbacher, Mark & Krüger, 2012), Mühlbacher & Fischer, 2012; Mühlbacher, Fischer, Buld, Totzke & Krüger, 2012, Mühlbacher & Krüger, 2011; Mühlbacher, Maag & Krüger, 2011a,b; Mühlbacher, Zimmer, Fischer & Krüger, 2011).

Hierauf aufbauend bestand eine zentrale Aufgabe von SIM darin, die für dieses neue Werkzeug erforderliche Methodologie der Untersuchungsplanung, der Durchführung, Versuchssteuerung und -auswertung am Beispiel unterschiedlicher inhaltlicher Fragestellungen auszuarbeiten. Neben der Fortentwicklung der Methodologie stand die Vernetzung ortsfremder Fahrsimulatoren im Fokus der Projektarbeiten: Diese sollte es ermöglichen, die Interaktion zwischen unterschiedlichen Verkehrsteilnehmern – im Fall des IZVW vor allem die Interaktion zwischen Pkw und motorisiertem Zweirad – zu untersuchen.

2.1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens

In Bezug auf den in der Vorhabenbeschreibung skizzierten Projektzeitplan (siehe Tabelle 2-1) ergab sich eine kleinere Anpassung, welche die Arbeiten des IZVW betraf: Zusätzlich zu den beiden geplanten Expertenkreisen wurde ein dritter Workshop im 4. Quartal des zweiten Jahres initiiert, um hier die Ergebnisse der ersten Versuchsreihen in AP 2000 und die Planung der zweiten Erhebungswelle zu diskutieren und somit Input zum weiteren Vorgehen zu erhalten.

Tabelle 2-1: Zeitplan gemäß Vorhabenbeschreibung.

	Jahr 1				Jahr 2				Jahr 3				Jahr 4			
	Quartale															
Arbeitspakete	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1000 – Handlungsbedarf	■															
2000 – Empirie und Versuche			■	■	■	■			■	■	■	■				
3000 – Datenanalyse und Modellierung					■	■	■	■			■	■	■	■		
4000 – Bewertung und Demonstration														■	■	■
5000 – Expertenkreis		■														■
6000 – Projektmanagement	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

2.1.4 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Im Zentrum der Arbeiten des IZVW standen Untersuchungen mit der **Methode der Fahrsimulation**. Bei der Fahrsimulation wird das Fahrermodell der Verkehrssimulation durch den realen Fahrer in physikalischer Nachbildung seiner Fahrumgebung ersetzt. Kennzeichen der herkömmlichen Fahrsimulation ist dabei, dass ein realer Mensch mit modellierten Verkehrsteilnehmern interagiert. Diese Verkehrsteilnehmer agieren entweder nach mehr oder weniger komplexen generellen Verhaltensmodellen oder aber sie werden zur Erzeugung von Verkehrssituationen direkt gesteuert. Der simulierte Verkehr zeichnet sich damit dadurch aus, dass in ihm Modelle mit Modellen interagieren, wobei die Interaktion selbst nicht mit-modelliert ist. Bsp.: Ein Fahrermodell in der Verkehrssimulation vermag zu

entscheiden, ob es überholen will oder nicht. Die Auswirkungen auf den Überholten bleiben dabei aber unberücksichtigt.

Herkömmliche Fahrsimulationsumgebungen ermöglichen die Untersuchung des Verhaltens (genau) einer Versuchsperson in einem standardisierten Szenario (Verkehrsinfrastruktur, Fremdverkehr). Interaktionsmuster mehrerer Verkehrsteilnehmer, die erwartungsgemäß durch urbane Assistenzsysteme und Infrastrukturinformationen verändert werden, können im Rahmen herkömmlicher Fahrsimulation nicht betrachtet werden.

Einen neuen methodischen Zugang zur Analyse der Verkehrsinteraktion bietet die **Vernetzte Fahrsimulation**, in der sich mehrere (mindestens zwei) Verkehrsteilnehmer simultan in einem gemeinsamen virtuellen Szenario bewegen. Damit wird die Interaktion zwischen den Verkehrsteilnehmern nicht mehr modelliert, sondern „humanisiert“.

Hierzu gab es vor URBAN:SIM nur wenige Studien, die von diversen Forschungsinstituten durchgeführt wurden und die ausschließlich Vernetzungen zwischen Pkw-Fahrstationen betrafen (z.B. IZVW, DLR). Erfahrungen mit dem Einsatz von Fußgängersimulatoren oder Lkw-Fahrsimulatoren im Kontext der vernetzten Fahrsimulation waren nicht bekannt. Gleiches gilt für den Motorradsektor: Weltweit ist nur eine sehr geringe Anzahl an Motorradfahrsimulatoren im Bereich der Forschung bekannt. Diese wurden häufiger für Trainingszwecke eingesetzt und eine Vernetzung mit anderen Fahrsimulatoren gab es im Vorfeld von URBAN noch nie. Gerade die relativ hohen Unfallzahlen zwischen Motorrad- und Pkw-Fahrern legen dies jedoch nahe.

Eine zusammenfassende Betrachtung der verschiedenen Varianten der vernetzten Fahrsimulation, insbesondere aus methodischer Sicht, existierte ebenfalls nicht. Daher war auch ein Ziel der Arbeiten des IZVW, eine Methodologie (sog. Methodenhandbuch) zur vernetzten Fahrsimulation unter Beteiligung aller Projektpartner und aller Arten der vernetzten Fahrsimulation innerhalb des Teilprojekts SIM zu erstellen und zu koordinieren.

Im Rahmen der Entwicklung von Fahrerassistenzsystemen, die in den Studien Anwendung fanden, wurde auf Erfahrungen in den deutschen Projekten Ko-FAS und sim^{TD} zurückgegriffen. Der Austausch erfolgte hierbei z. B. informell am IZVW durch Gespräche mit Mitarbeitern, die als Projektpartner in mehreren Projekten vertreten waren. Weiterhin wurden wissenschaftliche Fachpublikationen gesichtet und in Abhängigkeit ihrer Relevanz bei der Versuchsplanung berücksichtigt. Die gewonnenen Erkenntnisse wurden informell, etwa im Rahmen von Fachgesprächen auf Konferenzen, und formell kommuniziert, etwa durch projektinterne Publikation, Publikation in wissenschaftlichen Fachzeitschriften und Vorträge auf Fachtagungen.

2.1.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Verbundpartner

Innerhalb des Projekts fand eine enge Kooperation mit den folgenden Verbundpartnern statt:

- Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)
- Institut für Kraftfahrzeuge der RWTH Aachen (ika)
- Lehrstuhl für Verkehrstechnik an der Technischen Universität München (TUM-VT)
- Lehrstuhl für Ergonomie an der Technischen Universität München (LfE)
- Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik an der Technischen Universität München (FTM)
- PTV Planung Transport Verkehr AG.

Die gemeinsamen Arbeiten mit den genannten Verbundpartnern betrafen vor allem die folgenden Aspekte:

- Unter Leitung des IZVW wurde gemeinsam mit den Partnern DLR und TUM-LfE ein Methodenhandbuch für die vernetzte Fahrsimulation erstellt, in welches die methodischen Erkenntnisse der in SIM geleisteten Arbeiten einfließen. Dieses Methodenhandbuch resultiert in einem gemeinsamen Kapitel der genannten Partner im URBAN:MV-Buch.
- Gemeinsam mit dem Verbundpartner Opel wurde eine Studie in der vernetzten Fahrsimulation geplant, durchgeführt und ausgewertet. Diese gemeinsame Arbeit wurde in drei Publikationen veröffentlicht.
- Im Verlauf des Projekts wurden drei Expertenkreis-Workshops durchgeführt, in denen Fachleute im Gebiet der Fahrsimulation aus den Partnerhäusern des gesamten URBAN-Projekts teilnahmen. Die in SIM durchgeführten Arbeiten wurden in diesem Rahmen intensiv diskutiert.
- Innerhalb des Teilprojekts SIM wurden die erhobenen Daten ausgetauscht, um bspw. die Allgemeingültigkeit verschiedener Auswerteverfahren zu untersuchen. Versuchsdaten aus der vernetzten Motorrad-Pkw Simulation des IZVW wurden dem Lehrstuhl für Ergonomie der TU München zur Verfügung gestellt, um zu prüfen, in wie weit sich die Kreuzkorrelation als globale Metrik für Interaktionsuntersuchungen eignet.
- Darüber hinaus erfolgte am IZVW ein partnerinterner Austausch mit den Mitarbeitern der Teilprojekte KON und UF.

Unterauftragnehmer

Die für die empirischen Untersuchungen ausgewählten Verkehrs- und Assistenzszenarien mussten in der Fahrsimulation dargestellt werden und gegebenenfalls geeignete Varianten der Mensch-Maschine-Schnittstelle implementiert werden. Mit der Umsetzung dieser Aufgaben nach Vorgaben des IZVW wurde das Würzburger Institut für Verkehrswissenschaften (WIVW GmbH) beauftragt. Für die Programmierung und Erprobung der Softwarekomponenten als auch die Durchführung der Probandenversuche wurden die Simulationssoftware SILAB sowie mehrere Fahrsimulatoren des WIVW eingesetzt:

- Zum einen wurde eine vernetzte Pkw-Motorradsimulation verwendet.
- Zum anderen wurde eine mit vier Fahrstationen vernetzte Fahrsimulation (sog. Pulksimulation) eingesetzt.

2.2 Eingehende Darstellung

2.2.1 Erzielte Ergebnisse im Einzelnen

2.2.1.1 Zielsetzungen

Schwerpunkt der Arbeiten des IZVW waren der Einsatz und die Weiterentwicklung vernetzter Fahrsimulationen. Hierbei wurden zwei Arten der vernetzten Fahrsimulation eingesetzt: Eine vernetzte Pkw-Motorrad-Fahrsimulation sowie eine mit vier Fahrstationen vernetzte Fahrsimulation (sog. Pulksimulation). Die in diesen Umgebungen durchgeführten Studien sollten zusätzlich inhaltliche Aspekte wie die Interaktion zwischen Verkehrsteilnehmern sowie die Evaluation von Assistenzfunktionen im urbanen Raum thematisieren.

Die verhältnismäßig junge Methodik der **Motorradfahrsimulation** wurde zunächst weiterentwickelt und anschließend eine Vernetzung aus Motorrad- und Pkw-Fahrsimulation realisiert. Während der Laufzeit des Projekts wurden vier Studien unter Einbezug der Motorradfahrsimulation umgesetzt:

- Die erste Studie in der Motorradfahrsimulation beschäftigte sich mit der Frage, wie gut Motorradfahrer abschätzen können, wann sie sich im toten Winkel eines Pkws befinden.
- Eine weitere Studie in der Motorradfahrsimulation verglich den Darbietungsort visueller Warnungen im Spiegel mit Warnicons im Cockpit.
- In der vernetzten Motorrad-Pkw Simulation wurde zunächst der Einfluss eines drängelnden Motorradfahrers auf die Reaktionsfähigkeit des vorausfahrenden Pkw-Fahrers untersucht.

- Eine zusätzliche Studie in der vernetzten Motorrad-Pkw Simulation untersuchte den Nutzen eines Kreuzungsassistenten.

Abbildung 2-1 zeigt die beiden Simulatoren der verwendeten Motorrad-Pkw-Simulation des Würzburger Instituts für Verkehrswissenschaften (WIVW), welches in URBAN:SIM als Unterauftrag des IZVW fungierte.



Abbildung 2-1: Motorradfahrsimulator (links) und statischer Pkw-Fahrsimulator (rechts) der vernetzten Motorrad-Pkw-Simulation.

In der **Pulksimulation** sitzt an jeder Fahrstation jeweils ein Proband und steuert sein simuliertes Fahrzeug. Die Fahrzeuge sind in einer gemeinsamen virtuellen Umwelt unterwegs, in der sich die Fahrer gegenseitig sehen und auf das Verhalten der anderen Versuchsteilnehmer reagieren können. Mit dieser Methode wurden im Rahmen von URBAN:MV SIM zwei Untersuchungen durchgeführt:

- In einer ersten Studie wurden verschiedene Varianten eines Ampelphasenassistenten sowohl in einer Einzelfahrsimulation mit einem Probanden und simuliertem Umgebungsverkehr als auch in einer Pulksimulation mit vier Probanden untersucht. Der Vergleich der beiden Fahrsimulationen trägt zur methodischen Bewertung der vernetzten Fahrsimulation bei.
- Eine zweite Studie untersuchte das Potenzial eines Einfädelassistenten im städtischen Umfeld. Hierbei wurde der Schwerpunkt auf die inhaltlichen Ergebnisse wie z.B. Beanspruchung oder die Effekte unterschiedlicher Assistenzebenen gelegt.

Die Durchführung der Studien erfolgte im Pulksimulationslabor des Würzburger Instituts für Verkehrswissenschaften (WIVW), das in URBAN:SIM im Unterauftrag des IZVW fungierte. Die Pulksimulation des WIVW besteht aus fünf Fahrstationen (siehe Abbildung 2-2). Für die erste Studie in URBAN:SIM wurden vier Fahrstationen genutzt und für die zweite Studie alle fünf Fahrstationen.

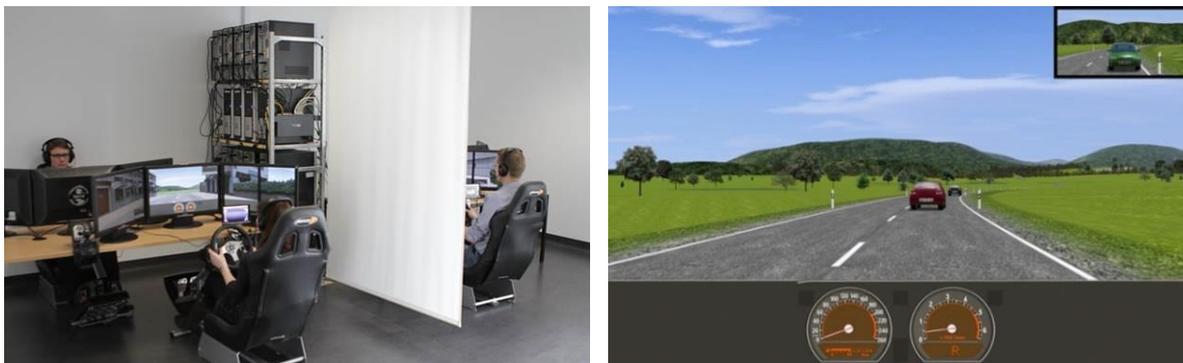


Abbildung 2-2: Fahrstationen der Pulksimulation (links). Frontsicht des dritten Fahrers eines Pulks mit vier Fahrzeugen – zu sehen sind die Fahrzeuge der anderen drei Probanden des Pulks in der Frontsicht sowie im Innenspiegel (rechts).

Auf Basis dieser Arbeiten und der Arbeiten der übrigen Projektpartner im Teilprojekt SIM mit deren vernetzten Fahrsimulationen (Fußgänger-Pkw Vernetzung, Pkw-Pkw Vernetzung, Lkw-Pkw Vernetzung) wurde mit einem **Methodenhandbuch** eine Methodologie von Studien in der vernetzten Fahrsimulation entwickelt. Dieses entstand unter Leitung des IZVW und unter Mitarbeit der Projektpartner DLR sowie TUM LfE.

2.2.1.2 Ergebnisse empirischer Untersuchungen

2.2.1.2.1 Vernetzte Motorrad-Pkw-Fahrsimulation

Toter Winkel

Hintergrund: Motorradfahrer werden häufig von anderen Verkehrsteilnehmern übersehen. Gefährlich ist dies bspw. wenn sich ein Motorradfahrer im toten Winkel eines Pkws aufhält. Sollte das Motorrad vom Pkw-Fahrer nicht gesehen werden, sind die Folgen eines Unfalls für den Zweiradfahrer in der Regel bedeutend größer als für einen Pkw-Fahrer in gleicher Situation. Im urbanen Raum (mehrspurige Fahrbahnen, Abbiegespuren,...) ist die Wahrscheinlichkeit, sich im toten Winkel eines Fahrzeugs zu befinden höher als bspw. auf Landstraßen. Ziel der Untersuchung war es daher herauszufinden, wie gut Motorradfahrer abschätzen können, wann sie sich im toten Winkel eines Fahrzeugs befinden. Sollten Motorradfahrer Schwierigkeiten damit haben, könnte sich ein Folgeversuch mit einem „Toten Winkel Assistenten“ für Motorradfahrer beschäftigen. Dieser könnte es dem Fahrer ermöglichen, den Bereich des toten Winkels aktiv zu meiden und in Folge dessen Unfälle zu verhindern.

Methodik: In einem ersten Schritt galt es, den toten Winkel eines Pkw sowie die verschiedenen Sichtfelder des Fahrers über Spiegel und Schulterblick zu vermessen (siehe Abbildung 2-3).

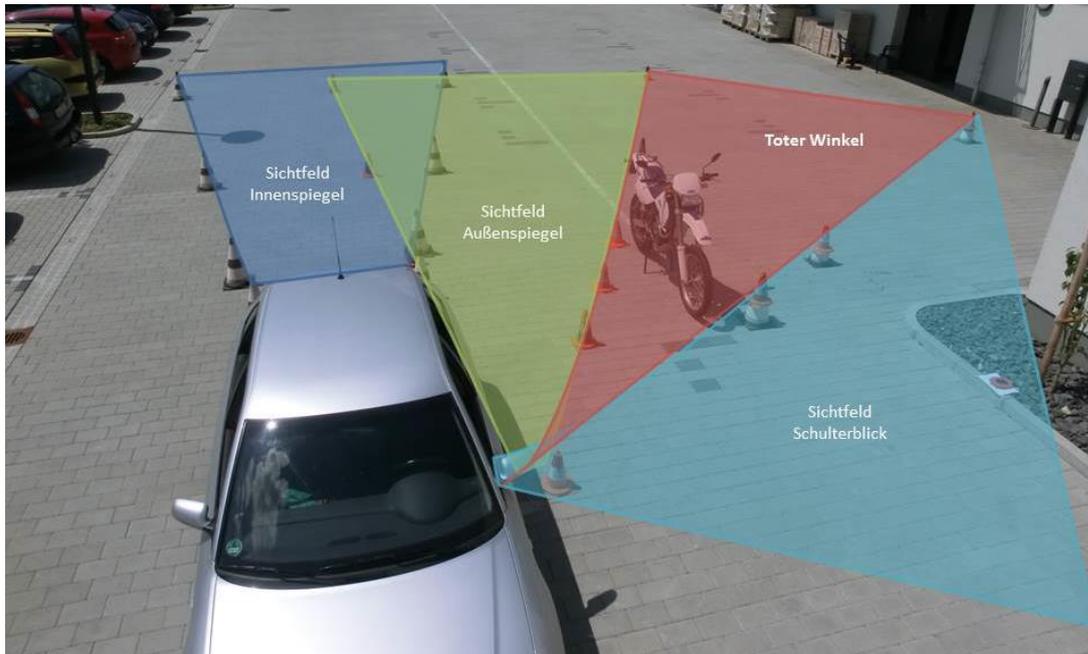


Abbildung 2-3: Sichtfelder und toter Winkel.

Der linke Außenspiegel wurde so eingestellt, dass ca. 1/6 der Spiegelfläche das Fahrzeug zeigte und 5/6 das angrenzende Umfeld. Die Horizontlinie lag leicht oberhalb der Mittellinie des Außenspiegels. Der Innenspiegel wurde so justiert, dass eine Sicht durch die komplette Heckscheibe gewährleistet war. Für den Schulterblick wurde eine Kopfdrehung um etwa 90° ohne Veränderung der Sitzposition angenommen. Abbildung 2-3 veranschaulicht die verschiedenen Sichtfelder und den toten Winkel. Die Sichtfelder wurden anschließend in der Fahrsimulation entsprechend angepasst. Das Fahrzeug in der Simulation stimmt mit dem vermessenen Fahrzeug überein.

In einem zweiten Schritt konnte dann die Studie in der Motorradsimulation stattfinden. Die Probanden auf dem Motorrad überholten dabei mehrmals einen simulierten Pkw und durchfuhren somit immer wieder den toten Winkel. Als unabhängige Variable wurde die Differenzgeschwindigkeit zwischen Pkw und Motorrad in drei Stufen variiert. Der Versuchsleiter instruierte dazu online die Zielgeschwindigkeit des Motorrads, wenn der Proband auf die Überholspur wechselte.

- UV: 40 km/h vs. 50 km/h vs. beliebige Geschwindigkeit, die ein möglichst gutes Abschätzen des toten Winkels ermöglicht

Der Versuch fand im Anschluss an das Fahrertraining statt und dauerte ca. 15 Minuten zusätzlich. N = 16 Probanden fuhren auf einer Landstraße mit zwei Fahrstreifen je Fahrtrichtung. Nach einer kurzen Einfahrphase trafen die Versuchsteilnehmer wiederholt einen Pkw auf der rechten Spur an, der konstant mit 30 km/h fuhr. Es gab keine weiteren Verkehrsteilnehmer. Die Probanden wurden instruiert, auf die Überholspur zu wechseln, sobald sie den Pkw erkannten (siehe Abbildung 2-4).

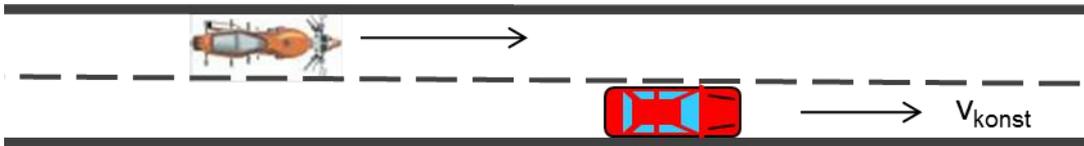


Abbildung 2-4: Skizze der Versuchssituation.

Insgesamt trat die Überholsituation sechsmal auf, so dass jede Geschwindigkeitsvorgabe zweimal von jedem Fahrer gefahren wurde (within-subject-design). Die Probanden hatten dann die Aufgabe, ihren Ein- und Austritt in bzw. aus dem toten Winkel des Pkws abzuschätzen, indem sie einen Knopf am Lenker drückten. Nach Absolvieren der Fahrt fand eine Nachbefragung statt.

Ergebnisse: Über alle Geschwindigkeitsinstruktionen hinweg zeigt sich, dass die Probanden bereits zu früh vermuten, im toten Winkel des Pkw zu sein. Zu diesem Zeitpunkt sind sie jedoch noch in mindestens einem der Spiegel für den Pkw-Fahrer sichtbar. Zwischen den Instruktionen ergibt sich kein signifikanter Unterschied. Die Güte der Einschätzung hängt im untersuchten Geschwindigkeitsbereich nicht von der Differenzgeschwindigkeit ab. Die Fahrer sind der Meinung, die Aufgabe durchschnittlich gut zu lösen. Aus den Daten wird jedoch ersichtlich, dass die Probanden die Größe des toten Winkels überschätzen. Auch die im Rahmen der Nachbefragung angefertigten Skizzen zu Lage und Verlauf des toten Winkels fallen recht heterogen aus. Die allgemein „konservative“ Einschätzung des toten Winkels führt jedoch eher zu einem vergrößerten Sicherheitsbereich. Es lässt sich festhalten, dass der tote Winkel im gesamten Straßenverkehr und somit auch im urbanen Raum ein relevantes Thema darstellt. Was die Steigerung der Sicherheit für motorisierte Zweiräder betrifft, zeigt sich, dass tendenziell mehr Wissen zu dem Thema vermittelt werden sollte. Die Motorradfahrer sind sich der Gefahr jedoch bewusst und begünstigen mit einer konservativen Einschätzung des Eintritts in den toten Winkel eher geringe Unfallzahlen. Hilfreich könnte daher sein, Motorradfahrern nicht nur gezielt bewusst zu machen, wo sich der tote Winkel befindet, sondern als Konsequenz daraus zu ziehen, diesen Bereich soweit es geht aktiv zu meiden. Darüber hinaus müssen selbstverständlich alle Verkehrsteilnehmer durch Spiegel- und Schulterblick versuchen, den toten Winkel zu minimieren. Bleibt bspw. der Schulterblick aus, wird der tote Winkel deutlich größer und selbst die vermeintlich korrekte Einschätzung des Motorradfahrers oder auch die Information eines Assistenzsystems können eine Kollision nicht immer verhindern.

Darbietungsort visueller Warnungen am Motorrad

Hintergrund: Im Laufe der letzten Jahre hat sich abgezeichnet, dass Assistenzsysteme auch im Zweiradsektor Einzug halten. Diese müssen dem Fahrer einen bestimmten Systemzustand bzw. eine Warnung rückmelden können. Visuelle Warnungen bzw. Informationen für Motorradfahrer werden allerdings stets kontrovers diskutiert. Einerseits ist aus

Herstellersicht ein optischer Reiz am einfachsten zu platzieren, andererseits bestehen Bedenken, dass diese von den Fahrern übersehen werden oder von der Fahraufgabe ablenken. Ziel der Studie war es herauszufinden, ob ein Warn-Icon im Kombiinstrument oder in einem der Außenspiegel während der Fahrt besser von den Fahrern wahrgenommen wird.

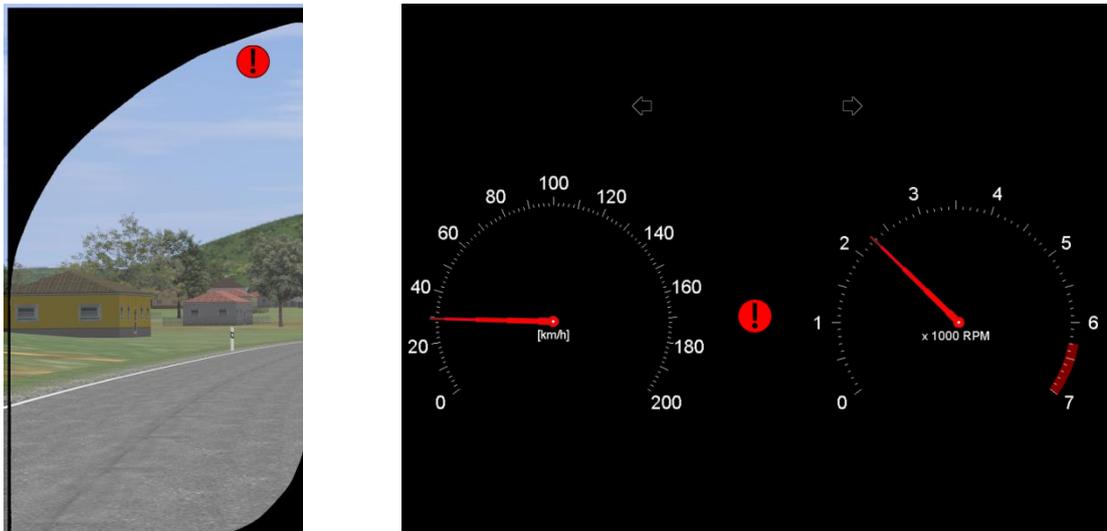


Abbildung 2-5: Darstellung des Warn-Icons im linken Außenspiegel (links) oder im Kombiinstrument (rechts).

Methodik: Die $N = 40$ Probanden durchfuhren eine 22 km lange Teststrecke auf Landstraßen mit Ortsdurchfahrten. In unregelmäßigen Abständen wurde den Fahrern ein Warn-Icon im Cockpit oder im linken Außenspiegel eingeblendet (siehe Abbildung 2-5). Die Fahrer wurden instruiert unmittelbar die Lichttupe zu betätigen, sobald sie die Warnung wahrnehmen. Die Fahraufgabe hatte dabei stets höchste Priorität.

Ergebnisse: Es zeigten sich kürzere Reaktionszeiten und weniger Verpasser für die zentrale Anzeige im Vergleich zum Spiegel. Probanden präferierten in der subjektiven Befragung ebenfalls die zentrale Anzeige. Laterale Position und Durchschnittsgeschwindigkeit als Indikatoren für Fahrverhalten waren von der Position des Warnsignals unabhängig. Insgesamt waren Reaktionszeiten mit steigender situationeller Beanspruchung länger.

Auf Grundlage der vorliegenden Ergebnisse wird die Implementierung eines unspezifischen Warnsignals in der Anzeige gegenüber dem Spiegel empfohlen. Zukünftige Forschung wird sich ausgehend von der vorliegenden Studie mit der Beurteilung situations- und systemspezifischer Warnungen hinsichtlich der Platzierung im Cockpit befassen müssen.

Drängler

Hintergrund: Das Verkehrsgeschehen ist von verschiedenen besonderen oder auffälligen Phänomenen durchzogen. Eines davon stellt das Drängeln dar, bei dem ein folgendes

Fahrzeug einen unverhältnismäßig geringen Abstand zum Vorderfahrzeug hält und ggf. zusätzlich durch Spurschwankungen oder Lichtsignale auf sich aufmerksam macht, um den Vordermann zum Ausweichen aufzufordern. Dieses Verhalten ist nicht nur potenziell sehr gefährlich, sondern auch rücksichtslos. Da Motorradfahrer aufgrund des stärkeren Beschleunigungsvermögens häufiger geringe Abstände zum Vorderfahrzeug halten, sollte das Phänomen des Drängelns Forschungsgegenstand der vernetzten Motorrad-Pkw-Simulation werden. Ziel der Untersuchung war es, den Einfluss eines drängelnden Motorradfahrers auf das vorausfahrende Fahrzeug zu untersuchen. Dabei wird gewissermaßen das Ablenkungspotential eines drängelnden Motorradfahrers untersucht. Da es sich beim Drängeln um ein relativ komplexes Verhalten handelt (unsystematische Schwankungen in Abstand und Spurversatz), ist eine hinreichend realistische Programmierung nicht möglich. Der Einsatz eines Konfidenten in der vernetzten Motorrad-Pkw-Simulation eignet sich daher besonders zur Untersuchung dieser Fragestellung.

Methodik: Im Rahmen der Studie wurde das Abstandsverhalten zwischen Motorrad und Pkw als unabhängige Variable variiert (Drängeln vs. Folgen in sicherem Abstand). Für beide Ausprägungen der UV wurden feste Sekunden- bzw. Meterabstandsbereiche definiert. Da davon auszugehen ist, dass sich das Verhalten eines Probanden hinsichtlich eines drängelnden Motorradfahrers nicht oder in anderem Ausmaß, ändern würde, wenn diesem der Untersuchungsgegenstand bekannt ist, wurde eine Cover-Story verwendet. Der Proband und die Konfidentin wurden vom Versuchsleiter gemeinsam begrüßt und nach einer kurzen Instruktion auf die jeweiligen Simulatoren aufgeteilt. Weitere Instruktionen erhielt der Proband vom Versuchsleiter in der Pkw-Simulation. Laut Cover-Story ging es darum, die Stärken und Schwächen der neuartigen vernetzten Motorrad-Pkw-Simulation zu erforschen. Die Reihenfolge der Fahrzeuge wurde vermeintlich von Termin zu Termin gewechselt. Tatsächlich fuhr immer der Pkw voraus und der Motorradfahrer wurde gebeten, diesem zu folgen und nicht zu überholen. Diese Instruktion sollte dem Probanden im Pkw-Simulator als Erklärung dienen, wieso der prinzipiell schnellere Motorradfahrer nie überholt. Während der Fahrt wurde der Proband zu kritischen Ereignissen online befragt. Im Anschluss an die Fahrt fand zusätzlich eine Nachbefragung statt.

Bei der Konfidentin handelte es sich bei jedem Versuch um die gleiche studentische Mitarbeiterin, die selbst eine Motorradfahrerin ist. Sie wurde im Vorfeld der Studie am Motorradsimulator speziell trainiert, um das Drängeln möglichst realitätsnah und reproduzierbar darzustellen. Das Aufleuchten eines roten Rechtecks in der linken oberen Ecke der Projektion signalisierte ihr, wann gedrängelt werden musste. Zudem wurden die definierten Bereiche für Drängeln und Folgen mit sicherem Abstand grafisch aufbereitet in der Szenerie eingeblendet (siehe Abbildung 2-6).



Abbildung 2-6: Szenerie der Motorradsimulation mit Drängelanzeige (links). Konfidentin während des Versuchs (rechts).

Die Strecke bestand aus Stadt- und Landstraßenabschnitten. Die Fahrt dauerte insgesamt ca. 60 Minuten. Auf beiden Straßenklassen traten jeweils drei kritische Ereignisse auf, die eine Handlung des Pkw-Fahrers erforderten. Dazwischen lagen längere ereignislose Abschnitte. Auch innerhalb dieser wurde der Abstand von Motorrad zu Pkw variiert, so dass dem Drängeln keinerlei Warncharakter für kritische Ereignisse zufiel. Jeder Streckenabschnitt kam einmal mit und einmal ohne drängelnden Motorradfahrer vor. Insgesamt wurde in der Hälfte der Zeit gedrängelt. Während der kritischen Ereignisse ließ die Verkehrssituation kein Ausweichen zu, was den Fahrer zum Bremsen zwang, um eine Kollision zu vermeiden.

Ergebnisse: Das unterschiedlich nahe Auffahren des Motorradfahrers auf das Egofahrzeug hat keinen Einfluss auf den Bremszeitpunkt des Pkws. Unabhängig vom Drängeln bremsen die Probanden in etwa bei einer Time-to-arrival von knapp über einer Sekunde. Auch hinsichtlich der Stärke der Bremsreaktion, gemessen durch die maximale Bremspedalstellung, ergeben sich keine bedeutsamen Unterschiede. Auffällig sind die starken Variationen zwischen den Fahrern. Während manche Probanden eine Vollbremsung durchführen, verzichten andere nahezu ganz auf einen Bremsengriff. Diese Streuung besteht jedoch unabhängig vom drängelnden Motorradfahrer. Hinsichtlich des Blickverhaltens lässt sich ebenfalls kein Einfluss des drängelnden Motorradfahrers erkennen. Die Probanden im Pkw schauen weder häufiger noch länger in die Spiegel, wenn ein Motorrad in geringem Abstand folgt. Die Auswertung der subjektiven Einschätzung der Fahrer spiegelt die Ergebnisse der objektiven Parameter relativ gut wider. Die Probanden schätzen die Kritikalität der Situation nicht anders ein, wenn ihnen ein drängelnder Motorradfahrer folgt. Nur in der Bewertung der Überraschung unterscheiden sich die Antworten. Mit Drängler erleben die Probanden die Situation des plötzlich hinter einem parkenden Pkw hervortretenden Fußgängers als überraschender. Die Ratings der Fahrer liegen mehrheitlich im oberen Bereich der Skalen zur Situationskritikalität und Überraschung. Dies legt nahe, dass das Ereignis für die Fahrer wie geplant unvorhersehbar war.

Als Fazit lässt sich festhalten, dass die vernetzte Simulation einen Mehrwert zur Untersuchung solcher Interaktionsfragestellungen darstellt und der Einsatz von Konfidenten einen

effizienteren Versuchsbetrieb ermöglicht, da komplizierte und aufwändige Programmierarbeit erspart bleibt. Die Studie liefert zudem Hinweise, dass die potenzielle Gefahr, die von einem drängelnden Motorradfahrer als Ablenkung für das vorausfahrende Fahrzeug ausgeht, als eher gering zu bewerten ist.

Kreuzungsassistent

Hintergrund: Generell ist festzustellen, dass beim überwiegenden Anteil von Unfällen mit Motorrädern ein weiterer Konfliktpartner involviert ist, bei dem es sich meistens um einen Pkw handelt. Ein Großteil dieser Unfälle ereignet sich in städtischen Gebieten. Besonders kritisch und für die meisten Unfälle verantwortlich sind Abbiegesituationen, bei denen einer der beiden Konfliktpartner die Vorfahrt missachtet. Häufig übersieht der Pkw-Fahrer die schmale Silhouette des Motorradfahrers oder schätzt dessen Geschwindigkeit falsch ein. Ziel der Untersuchung war es, das Potenzial eines Kreuzungsassistenten hinsichtlich der Reduktion von kritischen Situationen in städtischen Kreuzungsszenarien zu identifizieren. Im Speziellen galt es zu klären, ob die Ausstattung des Motorradfahrers mit dem System, einen Zusatznutzen gegenüber der Ausstattung des Pkw-Fahrers bringt. Darüber hinaus sollte eine Methode zur Synchronisierung von Probanden in der vernetzten Fahrsimulation im Querverkehr erprobt werden.

Methodik: Für die Untersuchung wurde eine Stadtstrecke mit mehreren X-Kreuzungen konzipiert. Jeder Motorradproband durchfuhr 54 und jeder Pkw-Proband 50 solcher Kreuzungen, von denen acht als Untersuchungskreuzungen ausgelegt waren. An diesen Kreuzungen trafen sich die beiden Probanden immer orthogonal und beide mussten die Kreuzung gerade überqueren (siehe Abbildung 2-7). Um möglichst sicherzustellen, dass sich die Probanden an den interessierenden Kreuzungen trafen, wurden sie 100 m vor dem potenziellen Konfliktpunkt durch eine rote Fußgängerampel synchronisiert. Diese Ampeln schalteten für beide Fahrer gleichzeitig grün. Die Synchronisationsampel kam auch an Kreuzungen vor, die für die vorliegende Untersuchung nicht relevant waren. So konnte ausgeschlossen werden, dass die Fußgängerampel zu einem Hinweisreiz für einen potenziellen Konflikt wurde. Es gab zwei Fahrten à jeweils ca. 35 Minuten (eine Fahrt mit und eine ohne Assistenzsystem).

Der Kreuzungsassistent war als ein informierendes System konzipiert, welches die Probanden frühzeitig an jeder Untersuchungskreuzung über den drohenden Konflikt informierte (Time-to-arrival (TTA)= 2.87 s). In der Anfahrt an die Kreuzung wurde den Versuchsteilnehmern ab diesem Zeitpunkt eine visuelle Information eingeblendet. Für den Motorradfahrer erschien diese im Kombiinstrument und für den Pkw-Fahrer im simulierten Head-up Display (siehe Abbildung 2-8).

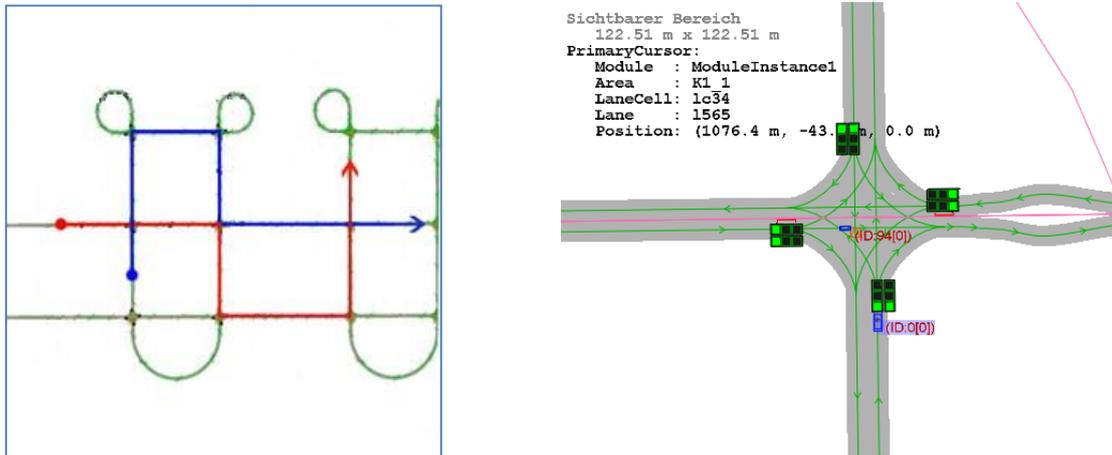


Abbildung 2-7: Streckenverlauf für beide Fahrzeuge (links). Untersuchungskreuzung mit manipulierter Ampelschaltung (rechts).

An der Untersuchung nahmen insgesamt $N = 62$ am Simulator trainierte Probanden teil. Jeweils $n = 31$ Probanden nahmen dabei als Motorradfahrer bzw. als Pkw-Fahrer an der vorliegenden Untersuchung teil. Sechs Probandenpaare wurden aufgrund von technischen Problemen oder Schwierigkeiten bei der Umsetzung der Instruktion aus der Auswertung ausgeschlossen.

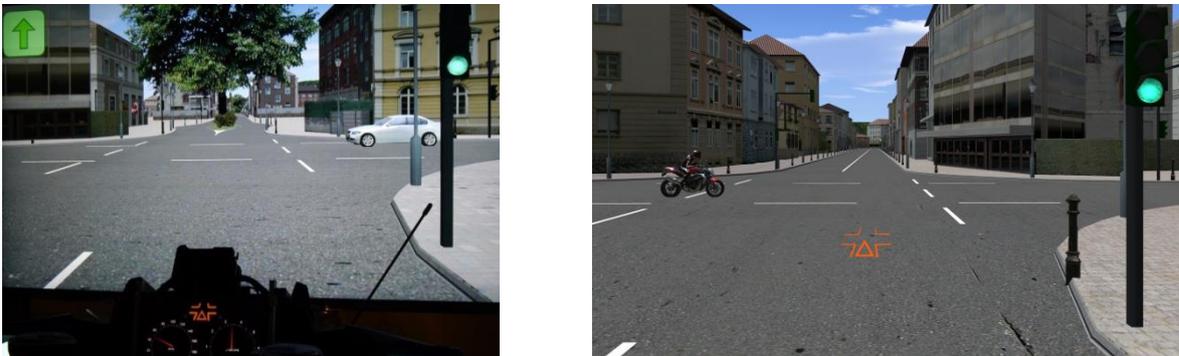


Abbildung 2-8: Kreuzungsassistent im Kombiinstrument des Motorrads (links) und im Head-Up Display des Pkws (rechts).

Ergebnisse: Zur Analyse der Situationskritikalität wurden sowohl subjektive als auch objektive Parameter herangezogen. Nach jeder Untersuchungskreuzung wurden die Probanden vom Versuchsleiter gebeten, bestimmte Ereignisse hinsichtlich ihrer Kritikalität und Überraschung einzustufen. Die Bewertung der Situationskritikalität erfolgte anhand der elfstufigen Situationskritikalitätsskala (Neukum et al. 2008). Das Urteil bezüglich der Überraschung eines Ereignisses wurde auf einer fünfzehnstufigen Kategorienunterteilungsskala mit zusätzlicher Nullkategorie abgegeben. Bei Fahrten mit Assistenzsystem wurden die Probanden zudem befragt, ob ein Informations-Icon eingeblendet wurde (ja vs. nein vs. weiß nicht) und für wie hilfreich sie dies befanden (ebenfalls auf der Kategorienunterteilungsskala). Die Nachbefragung bezog sich auf Attribute des Assistenzsys-

tems. Als Maß zur Bestimmung der Kritikalität von Konfliktsituationen wurde die Post Encroachment Time (PET) betrachtet. Um festzustellen, welchen Einfluss frühzeitige Fahrerinformationen auf das Fahrverhalten haben, wurden die maximale Verzögerung sowie die minimale Geschwindigkeit in der Kreuzungsannäherung betrachtet.

Die Ergebnisse zeigen, dass trotz der Synchronisierung gewisse Schwankungen der jeweiligen Ankunftszeit an der Kreuzung auftreten. Aus methodischer Sicht lässt sich daher ableiten, dass bei der Versuchsplanung stets ein gewisser Anteil Situationen einkalkuliert werden muss, bei dem das intendierte Zusammentreffen der Probanden scheitert. Aus inhaltlicher Sicht zeigt sich, dass in nicht eindeutigen Kreuzungssituationen die Motorradfahrer vermehrt dem Pkw-Fahrer den Vorrang lassen. Dieses Verhalten ist aus Realfahreruntersuchungen bekannt und kann als Indiz für die Validität der Simulation gewertet werden. Der Kreuzungsassistent liefert zudem einen Sicherheitsgewinn für Motorrad- und Pkw-Fahrer. Welches der Fahrzeuge mit Assistenz ausgestattet ist, ist dabei nachrangig. Da Unfälle zwischen Motorrädern und Pkw eine der häufigsten Unfallursachen in Deutschland darstellen (knapp 30.000 registrierte Unfälle pro Jahr), kann die vernetzte Motorrad-Pkw Simulation dazu beitragen, die Interaktionen zwischen Motorrad- und Pkw Fahrern besser zu verstehen und damit eine Steigerung der Verkehrssicherheit fördern.

2.2.1.2.2 Pulksimulation

Ampelphasenassistenz in verschiedenen Simulationsumgebungen

Hintergrund: Seit vielen Jahren wird die Fahrsimulation als gängige Methoden zur Untersuchung verkehrswissenschaftlicher Fragen erfolgreich eingesetzt. In ihr steuert ein einzelner Proband ein virtuelles Fahrzeug durch eine simulierte Szenerie. Die Untersuchungsschwerpunkte liegen hierbei im Erleben und Verhalten der Fahrer.

Demgegenüber steht seit wenigen Jahren die Pulksimulation, in der mehrere Fahrer gleichzeitig in derselben virtuellen und kontrollierten Umgebung untersucht werden können. Als Vorteil wird hierbei gesehen, dass durch den Einsatz mehrerer Fahrer das Erleben in der virtuellen Umgebung als realistischer beurteilt wird. Als Ursache wird zum einen das Wissen der Probanden, dass der Umgebungsverkehr von realen Fahrern gesteuert wird, aufgeführt. Zum anderen gilt das Fahrverhalten echter Fahrer als realistischer, da Modelle nie die Realität abbilden können.

Um die beiden Methoden Pulksimulation und Einzelfahrsimulation systematisch auf Unterschiede zu prüfen und gegebenenfalls Vor- und Nachteile zu identifizieren, erfolgte dieser Vergleich in der vorliegenden Studie. Da das Ziel von URBAN:SIM war, aktuell relevante Fahrerassistenzsysteme für den urbanen Raum zu überprüfen, wurde dieser Vergleich anhand der Evaluation eines Ampelphasenassistenten durchgeführt.

Diese Untersuchung erfolgte als Kooperation mit dem Projektpartner Opel aus dem Teilprojekt URBAN:MMI. Während das IZVW die Simulationsumgebung zur Verfügung stellte, entwickelte Opel Funktionalität und HMI des Ampelphasenassistenten.

Methodik: Die Durchführung erfolgte im Pulksimulationslabor des Würzburger Instituts für Verkehrswissenschaften (WIVW), von dem vier Fahrstationen genutzt wurden. Neben der Vernetzung der Fahrstationen ist möglich, das Pulksimulationslabor als vier getrennte Einzelfahrsimulationen zu nutzen (sog. X4-Fahrsimulation). Hier fahren die Probanden parallel dieselbe Strecke in einer jeweils eigenen virtuellen Welt.

Die N=44 Probanden (d.h. aufgeteilt auf insgesamt elf Termine mit jeweils n=4 Probanden) befuhren zweimal dieselbe Versuchsstrecke:

- Eine Fahrt erfolgte in der Pulksimulation. In der Pulksimulation fahren vier Probanden gleichzeitig in derselben virtuellen Umgebung.
- Eine Fahrt erfolgte in der Einzelfahrsimulation. In der Einzelfahrsimulation fährt ein Proband umgeben von simulierten Fahrermodellen in einer virtuellen Umgebung.

Der Ampelphasenassistent wurde dagegen als unabhängiger Faktor eingeführt: Die eine Hälfte der Probanden fuhr mit System, die andere Hälfte dagegen nicht. Dieses System hatte das Ziel, den Verkehrsfluss im Ampelbereich zu verbessern und zu einem ökonomischeren Fahren beizutragen. Hatte der Fahrer eine Chance, eine Ampel bei Grün zu durchfahren, wurden ihm hierfür Handlungsempfehlungen auf einem HMI dargeboten, durch deren Befolgung er diese bei Grün passieren konnte. Hatte der Fahrer dagegen keine Chance, eine Ampel bei grün zu erreichen, erhielt er Empfehlungen zu einem effizienten Anhalten an der Ampel. Mögliche Handlungsempfehlungen waren „Halten“, „Ausrollen“ und „Bremsen“, verbunden mit der Anzeige der Zielgeschwindigkeit (siehe Abbildung 2-9). Die Empfehlungen des Ampelphasenassistenten wurden den Fahrern auf dem separaten LCD-Display angezeigt. Der Beginn der Systemempfehlungen des Ampelphasenassistenten wurde variiert: Während in der einen Hälfte der Prüfsituationen die Meldung 200m vor der Ampel begann, begann die Anzeige in der anderen Hälfte der Prüfsituationen 400m vor der Ampel.



Abbildung 2-9: HMI-Anzeigen des Ampelphasenassistenten.

Der Ampelphasenassistent wurde pro Pulk in der Ausstattungsrate 50% umgesetzt. Dies bedeutet, dass zwei der vier Fahrer mit System fuhren und zwei andere Fahrer nicht über das System verfügten. Da die Instruktion der Fahrer einzeln erfolgte, wussten die Fahrer nicht über die Ausstattung der anderen Fahrer bzw. das Vorhandensein eines Assistenzsystems Bescheid.

Die Versuchsstrecke führte durch eine Innenstadt und bestand aus verschiedenen in der Streckengeometrie gleich aufgebauten Abschnitten, die direkt hintereinander befahren wurden. Jeder Abschnitt begann mit einer Ampelanfahrt. An der Ampel mussten die Fahrer die nachfolgende Kreuzung geradeaus überqueren, um anschließend die Positionen im Fahrerpulk zu tauschen, sodass jeder Fahrer gleich häufig auf jeder Position fuhr. Insgesamt gab es 16 Ampelanfahrten pro Strecke. In Pulk- und X4-Fahrt wurde jeweils dieselbe Strecke gefahren. In der X4-Fahrt fuhr jeder Proband in einem Pulk aus simulierten Fahrzeugen. Diese waren entweder als Fahrzeuge der Kontroll- oder der Experimentalgruppe programmiert: Fahrzeuge der Kontrollgruppe fuhren eine mittlere Geschwindigkeit von etwa 55 km/h während der Ampelanfahrt. Fahrzeuge der Experimentalgruppe erhielten ebenfalls Anweisungen des Ampelphasenassistenten und befolgten diese Empfehlungen.

Ergebnisse: Die Fahrt in der Pulksimulation wird von den Probanden als realistischer beurteilt als die Fahrt mit simuliertem Umgebungsverkehr. Diese Ergebnisse unterstreichen die externe Validität der vernetzten Fahrsimulation. Weiterhin hat die Art des Umgebungsverkehrs einen Einfluss auf das Befolgungsverhalten gegenüber den Empfehlungen des Ampelphasenassistenten: In der Pulksimulation wird das System bei nachfolgendem Verkehr in geringerem Maße befolgt als ohne nachfolgenden Verkehr, da die Fahrer besorgt sind, den nachfolgenden Verkehr durch die Systembefolgung behindern zu können. In der Einzelsimulation mit simuliertem Umgebungsverkehr tritt dieser Effekt dagegen nicht auf und die Befolgungsrate ist auf konstant höherem Niveau.

Aus inhaltlicher Perspektive hat ein Ampelphasenassistent generell das Potenzial, die Anzahl an Halten an Lichtsignalanlagen zu reduzieren und somit zu einer höheren Verkehrseffizienz beizutragen. Voraussetzung hierfür ist, dass die Fahrer die Empfehlungen eines solchen Assistenzsystems beachten und befolgen. Jedoch gibt es Faktoren, die die Befolgung beeinträchtigen können: Fahrer mit nachfolgendem Verkehr nutzen ein derartiges System in geringerem Maße als Fahrer ohne Folgeverkehr. Dieser Effekt zeigt sich insbesondere dann, wenn die Informationen schon sehr frühzeitig gegeben werden.

Einfädelassistentz

Hintergrund: Um den Fahrer im urbanen Verkehr weiter zu unterstützen, wurde in dieser Studie das Potenzial eines Einfädelassistenten im städtischen Umfeld untersucht. Der Assistent hatte zum Ziel, Fahrern das Wählen einer passenden Lücke beim Ausparken aus einer längs zum Fahrbahnrand gelegenen Parkbucht zu erleichtern. Hierfür wird eine Lücke durch einen in der (Simulations-) Realität angezeigten grünen Balken zwischen zwei von hinten herannahenden Fahrzeugen hervorgehoben, wenn diese eine angemessene Größe hat. In der Studie, die im Pulk-Fahrsimulator durchgeführt wurde, wurde die Einfädelassistentz sowohl aus der Sicht des Ausparkenden als auch aus der Sicht der sich im Fließverkehr befindlichen Fahrer evaluiert.

Als inhaltliche Untersuchungsfragen wurde analysiert, (1) ob die kognitive Beanspruchung der Fahrer im Sinne der Entscheidungsfindung sinkt, (2) welche Effekte unterschiedliche Assistenzebenen auf die Lösung konflikträchtiger Einfädelsituationen haben und (3) ob die Assistenz von den Fahrern akzeptiert wird.

Methodik: Die Durchführung erfolgte im Pulksimulationslabor des Würzburger Instituts für Verkehrswissenschaften (WIVW) und es wurden hierbei alle fünf Fahrstationen genutzt. Die Assistenz bestand aus einem in der (Simulations-)Realität angezeigten Augmented-Reality Element. Zwischen zwei Fahrzeugen der sich im Fließverkehr befindlichen Probanden wurde in Abhängigkeit von der Lückengröße ein grüner Balken (Abbildung 2-10, Abbildung 2-11) eingeblendet. Eine Lücke wurde auf diese Weise immer dann hervorgehoben, wenn sich die Fahrzeuge im relevanten Bereich vor der Parkbucht befanden und der Abstand zwischen zwei Fahrzeugen größer oder gleich 10 Metern war.

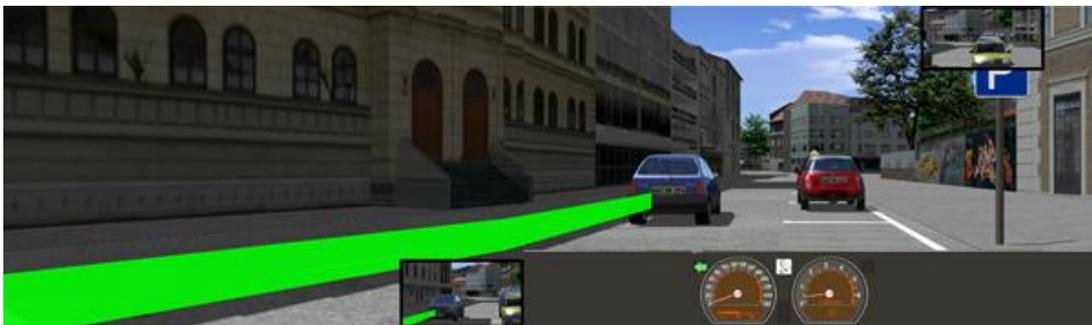


Abbildung 2-10: Sicht des Ausparkenden mit aktivem Einfädelassistent.



Abbildung 2-11: Sicht des Fließverkehrs mit aktivem Einfädelassistent.

Insgesamt nahmen an der Studie $N=30$ Probanden (d.h. aufgeteilt auf insgesamt sechs Termine mit jeweils $n=5$ Probanden) teil. Als Fahraufgabe musste pro Fahrt einer der Fahrer mehrmals ein Ausparkmanöver durchführen, während die anderen vier Probanden gemeinsam mit Fahrzeugen, die von der Simulationssoftware SILAB gesteuert wurden, den Fließverkehr abbildeten. Nach jeder Fahrt wurde die Position gewechselt, so dass am Ende der Studie insgesamt $N = 24$ Probanden die Sicht des Ausparkenden und alle ($N = 30$) Probanden die Sicht des Fahrers im fließenden Verkehr erlebt hatten. Es wurde ein

Messwiederholungs-Design gewählt, um die direkte Vergleichbarkeit des Fahrens ohne Assistenz zum Fahren mit Assistenz zu ermöglichen.

Es wurden zwei unabhängige Variablen untersucht, von denen eine in der zweistufigen Variation der Geschwindigkeit des simulationsgesteuerten Fließverkehrs (45 km/h vs. 30 km/h) und die andere in der dreistufigen Variation des Assistenzlevels (Fahren ohne Assistenz vs. Fahren mit Assistenz nur für den Ausparkenden vs. Fahren mit Assistenz für alle Fahrer) bestand. Die Bedingung „Assistenz für alle Fahrer“ bedeutet, dass auch die im Fließverkehr fahrenden Probanden den grünen Balken in der Simulationsumgebung sahen, wenn eine Lücke für den Ausparkenden empfohlen wurde.

Ergebnisse: Ein Einfädelassistent erleichtert in den verschiedenen Bedingungen die Entscheidung für die Wahl einer passenden Lücke nicht, da das Manöver des Ausparkens diesbezüglich als wenig anspruchsvoll beurteilt wird. Auch von den betroffenen Fahrern im Fließverkehr wird diese Fahrsituation als wenig kritisch bewertet und der objektive Nutzen eines Systems ist hier nur äußerst gering. Trotzdem gibt ein Großteil der Probanden an, die Assistenz sei für den Ausparkenden vor allem bei dichtem Verkehr oder Kolonnenverkehr in großen Städten hilfreich. Das System erleichtere zudem das Einschätzen von Geschwindigkeiten und Entfernungen bzw. Abständen. Die Anzeige als Augmented Reality Element wurde als sehr angenehm beurteilt.

2.2.1.3 Methodenhandbuch

Ein Ziel des Teilprojekts SIM war die Weiterentwicklung bestehender Fahrsimulationen hin zu vernetzten Simulationen, so dass das gleichzeitige Verhalten mehrerer Verkehrsteilnehmer realitätsnäher abgebildet und untersucht werden kann. Aus diesem Grund wurden im Teilprojekt SIM die folgenden Arten vernetzter Simulation betrachtet:

- Fußgänger-Pkw Vernetzung (Projektpartner Lehrstuhl für Ergonomie an der TU München, LfE)
- Motorrad-Pkw Vernetzung (Projektpartner Interdisziplinäres Zentrum für Verkehrswissenschaften, IZVW)
- Pkw-Pkw Vernetzung (Projektpartner Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, DLR)
- Lkw-Pkw Vernetzung (Projektpartner Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik an der TU München, FTM/ Lehrstuhl für Ergonomie an der TU München, LfE)
- Pulksimulation (Projektpartner Interdisziplinäres Zentrum für Verkehrswissenschaften, IZVW)

Erst seit wenigen Jahren wurden Erfahrungen mit diesen vernetzten Simulationen gemacht. Diese bezogen sich immer konkret auf eine der vorgestellten Arten vernetzter Simulationen, z. B. die Motorrad-Pkw-Vernetzung, Pkw-Pkw-Vernetzung oder die Pulksimulation. Eine zusammenfassende Betrachtung dieser verschiedenen Varianten – insbeson-

dere aus methodischer Sicht – stand dagegen noch aus und war das Ziel des Methodenhandbuchs. Dieses entstand unter der Leitung des IZVW und unter Mitarbeit der Projektpartner DLR sowie TUM LfE.

Ausgehend von den Möglichkeiten und Grenzen der Fahrsimulation mit einem Fahrer wurde der Bedarf an vernetzten Fahrsimulationen aufgezeigt: Insbesondere soziale Interaktionen zwischen Fahrern sind in der Fahrsimulation mit einem Fahrer nicht untersuchbar. Allerdings haben soziale Interaktionen im Straßenverkehr eine wichtige Bedeutung, da sie immer dann entstehen, wenn zwei oder mehr Fahrer aufeinander treffen. Somit sind soziale Interaktionen für die Fahrsicherheit (z. B. bei Unfällen zwischen Verkehrsteilnehmern), den Verkehrsfluss (z. B. bei der Entstehung von Stau) sowie das Verkehrsklima (z. B. bei Aggression im Straßenverkehr) entscheidend und werden aufgrund des immer höher werdenden Verkehrsaufkommens eine immer wichtigere Rolle spielen. Um derartige soziale Interaktionen in einer Simulationsumgebung untersuchen zu können, ist der gleichzeitige Einsatz mehrerer Fahrer in derselben virtuellen Welt notwendig. Dies kann durch eine Vernetzung mehrerer einzelner Simulatoren bewerkstelligt werden.

Die damit einhergehenden technischen Anforderungen (z.B. Software, grafische Darstellung, Latenzzeiten) werden in einem weiteren Kapitel des Methodenhandbuchs geschildert.

Kern des Methodenhandbuchs sind schließlich methodische Überlegungen zur vernetzten Fahrsimulation. Diese betreffen alle Phasen einer wissenschaftlichen Studie:

- Während der **Versuchsplanung** muss die Fragestellung operationalisiert werden und entschieden werden, welche Art der Fahrsimulation eingesetzt werden soll. Dieser Aspekt wird ebenso diskutiert wie die Szenarienauswahl und -gestaltung, welche sich bei der Umsetzung einer Fragestellung in der vernetzten Fahrsimulation als entscheidend erweist. Zudem ist der Einsatz von Konfidenten in der vernetzten Fahrsimulation möglich und erweitert somit das methodische Repertoire.
- Die **Versuchsdurchführung** in der vernetzten Fahrsimulation geht mit besonderen Herausforderungen an die Versuchsleitung und das Versuchsmonitoring einher. Aspekte wie die Kommunikation zwischen den Beteiligten während einem Versuch werden diskutiert.
- Versuche in der vernetzten Fahrsimulation erhöhen die Möglichkeiten in der **Auswertung der Daten**. So werden neue Parameter zur Beschreibung von Fahrergruppen und neue Möglichkeiten zur Quantifizierung des Interaktionsverhaltens vorgestellt.

Die Inhalte des Methodenhandbuchs sind Grundlage für ein gemeinsames Kapitel von IZVW, DLR und TUM-LfE im URBAN:MV-Buch.

2.2.1.4 Zusammenfassung der empirischen Arbeiten

2.2.1.4.1 Inhaltliche Ergebnisse

- In nicht eindeutigen Kreuzungssituationen lassen Motorradfahrer vermehrt dem Pkw-Fahrer den Vorrang. Dieses Verhalten ist aus Realfahreruntersuchungen bekannt und ist ein Indiz, welches für die Validität der vernetzten Motorrad-Pkw-Fahrsimulation.
- Der Kreuzungsassistent liefert einen Sicherheitsgewinn für Motorrad- und Pkw-Fahrer. Welches der Fahrzeuge mit Assistenz ausgestattet ist, ist dabei nachrangig.
- Unfälle zwischen Motorrädern und Pkw stellen eine der häufigsten Unfallursachen in Deutschland dar (knapp 30 000 registrierte Unfälle pro Jahr). Die vernetzte Motorrad-Pkw-Simulation bietet das Potenzial, die Interaktionen zwischen Motorrad- und Pkw-Fahrern besser zu verstehen und damit zur Steigerung der Verkehrssicherheit beizutragen. Ein drängelnder Motorradfahrer beeinträchtigt die Reaktionsfähigkeit eines vorausfahrenden Pkws auf unvorhersehbare Ereignisse nicht erkennbar.
- Motorradfahrer haben Schwierigkeiten damit korrekt einzuschätzen, ob sie sich im toten Winkel eines Fahrzeugs befinden. Die Schätzungen fallen allerdings eher konservativ aus, was die Sicherheit erhöhen sollte.
- Visuelle Warnicons im Spiegel eines Motorrads werden häufiger übersehen und später erkannt als im Cockpit des Motorrads. Dies ist jedoch stark von der Fahrzeuggeometrie und auch der zu Grunde liegenden Funktion abhängig. Bsp.: ein Warnicon im Motorradspiegel als Toter-Winkel Assistent könnte sinnvoll sein, da vor einem Spurwechsel meist der Blick in den Spiegel gerichtet wird.
- Ein Ampelphasenassistent bietet generell das Potenzial, die Anzahl an Halten an Lichtsignalanlagen zu reduzieren und somit zu einer höheren Verkehrseffizienz beizutragen. Voraussetzung hierfür ist, dass die Fahrer die Empfehlungen eines solchen Assistenzsystems beachten und befolgen. Jedoch gibt es Faktoren, die die Befolgung beeinträchtigen können: Fahrer mit nachfolgendem Verkehr nutzen ein derartiges System in geringerem Maße als Fahrer ohne Folgeverkehr. Dieser Effekt zeigt sich insbesondere dann, wenn die Informationen schon sehr frühzeitig gegeben werden.
- Ein Einfädelassistent hat dagegen ein eher geringes Potenzial zur Unterstützung beim Fahren in der Innenstadt, da dieses Manöver generell schon als recht einfach und wenig anspruchsvoll beurteilt wird.

2.2.1.4.2 Methodische Ergebnisse

Es hat sich gezeigt, dass bei Studien in der vernetzten Fahrsimulation während jeder Stufe einer wissenschaftlichen Studie Besonderheiten zu berücksichtigen sind. Allein durch die gleichzeitige Anwesenheit mehrerer Fahrer stellen sich neue, bisher nicht gekannte Anforderungen an den Untersucher. Jedoch ergeben sich hierdurch auch neue Möglichkeiten. Die in den verschiedenen Studien des IZVW in Pulksimulation und vernetzter Pkw-

Motorrad-Simulation gesammelten wichtigsten methodischen Erkenntnisse sind im Folgenden aufgeführt:

Versuchsplanung:

- Die vernetzte Fahrsimulation kann als ein Bindeglied zwischen Fahr- und Verkehrssimulation gesehen werden, da mit ihr viele klassische Fragestellungen dieser Versuchsumgebungen untersuchbar und sogar erweiterbar sind. Somit stellt die vernetzte Fahrsimulation sowohl eine Erweiterung der Fahrsimulation um den Faktor „Verkehr“ als auch eine Erweiterung der Verkehrssimulation um den Faktor „Fahrer“ dar. Durch die Betrachtung sozialer Interaktionen sind sowohl Aussagen zum Fahrerverhalten als auch zum Verkehrsverhalten möglich.
- Die vernetzte Fahrsimulation ist vor allem dann geeignet, wenn sich die Fahrer in ihrem Fahrverhalten gegenseitig beeinflussen bzw. aufeinander reagieren. Dies geschieht vor allem beim Kreuzen und Queren, beim Folgefahren und Überholen, bei Gegenverkehr sowie beim Einfädeln. Um die Fahrer in diesen Szenarien wie gewünscht aufeinandertreffen zu lassen und somit Interaktionen zu provozieren, müssen Techniken wie Streckenbau (z.B. durch identische Anfahrten zum Punkt der Interaktion oder Synchronisierung via Ampelsteuerung), Einsatz von Umgebungsverkehr oder geeignete Instruktionen verwendet werden. Es muss hierbei immer ein Anteil Situationen eingeplant werden, die nicht wie gewünscht zu Stande kommen, da Fahrer nicht wie erwartet reagieren oder fahren können.
- Die strikte Trennung von Probanden oder der Einsatz von Konfidenten in der vernetzten Simulation ermöglicht neue Versuchsszenarien (bspw. Betrachtung der gegenseitigen Verhaltensanpassung beim Aufeinandertreffen an Kreuzungen mit unterschiedlichen Ausstattungen mit Kreuzungsassistenten). Der Einsatz eines Konfidenten ermöglicht zudem die Realisierung von Szenarien, die mit derzeitigen Fahrermodellen nur unzureichend programmierbar sind (z.B. drängelndes Fahrzeug).

Versuchsdurchführung:

- Studien mit mehreren Probanden sollten von mehreren Versuchsleitern betreut werden. Ein Konzept mit zwei Versuchsleitern hat sich in den durchgeführten Studien bewährt.
- Um sicherzustellen, dass die Probanden im gewünschten Szenario aufeinandertreffen, ist eine Überwachung durch die Versuchsleitung notwendig. So kann mittels einer Vogelperspektive die Position der Probanden auf der Strecke dargestellt und von den Versuchsleitern kontrolliert werden. Auch dies hat sich in den Studien bewährt.
- Die Kommunikation zwischen Versuchsleiter(n) und Proband(en) ist notwendig zur Instruktion (z. B. zur Sicherstellung der gewünschten Testsituation, in der die Probanden interagieren) und zur Klärung etwaiger Rückfragen der Probanden. Die Umset-

zung mit einem Hauptversuchsleiter, der wahlweise mit einem oder mehreren Probanden kommunizieren kann, hat sich als hilfreich erwiesen.

Auswertung der Daten:

- Gegenüber der Einzelfahrsimulation erweitert der gleichzeitige Einsatz mehrerer Fahrer in einer Untersuchung die Auswertungsmöglichkeiten: Zum einen sind, wie in der Einzelfahrsimulation, Parameter zur Beschreibung des Fahrerverhaltens über den Zeitverlauf berechenbar. Zusätzlich sind Parameter zur Beschreibung des gesamten Fahrerpulks und dessen Interaktionen möglich. Diese Maße können zur Erfassung des Verkehrsablaufs dienen und konnten bisher ausschließlich in der Verkehrssimulation oder in aufwändigen Realstudien erhoben werden.
- Für die Darstellung der Fahrverläufe mehrerer Fahrer eignen sich Zeit-Weg-Diagramme oder Weg-Weg-Diagramme, aus denen Informationen wie Geschwindigkeiten und Abstände geschlossen werden können und somit auch Interaktionen zwischen Fahrern analysiert werden können.

2.2.2 Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Die Personalkosten für Projektmitarbeiter sowie wissenschaftliche Hilfskräfte stellen den mit Abstand größten Posten dar. Weiterhin fielen Kosten für die Vorbereitung und Durchführung der empirischen Arbeiten an (Entwicklung der Prüfscenarien, Implementierung der Mensch-Maschine-Schnittstellen, Simulatormieten). Diese Arbeiten wurden im Rahmen eines Unterauftrags durch die WIVW GmbH durchgeführt. Darüber hinaus standen Reisemittel für projektinterne Treffen sowie Reisen zur Verbreitung der Ergebnisse auf Fachkongressen sowie der Zwischen- und Abschlusspräsentation zur Verfügung. Über die Details wird im zahlenmäßigen Verwendungsnachweis berichtet.

2.2.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Der Verlauf der Arbeiten im Teilprojekt SIM folgten der in der Vorhabenbeschreibung vorgesehenen Planung. Die im Arbeitsplan formulierten Aufgaben wurden erfolgreich bearbeitet. Zusätzliche Ressourcen waren nicht notwendig.

2.2.4 Voraussichtlicher Nutzen: Verwertbarkeit der Ergebnisse

Die im Teilprojekt SIM gewonnenen Erkenntnisse liegen schwerpunktmäßig sowohl inhaltlich als auch methodisch im Bereich „Simulationstechnologien“. Sie leisten damit einen wichtigen Beitrag für die Anwendung und Weiterentwicklung einer neuen Technologie zur Untersuchung interaktiver bzw. kooperativer Fahrerassistenz. Die Resultate wurden den industriellen Partnern in UR:BAN und im Rahmen von Veröffentlichungen auch weiteren Interessenten zur Verfügung gestellt. Die Universität Würzburg selbst hat keine direkten wirtschaftlichen Verwertungspläne.

Durch die Bearbeitung der SIM -Fragestellungen konnte das Institut bestehende Erfahrungen auf dem Gebiet der Fahrsimulation und der Fahrerassistenzsysteme ausbauen, was dazu beiträgt, die in diesem Projekt gesammelten Erfahrungen in künftigen Industrie- und Forschungskooperationen weiter umzusetzen. Die Bearbeitung der SIM-Fragestellungen stärkt zudem die Rolle der Universität Würzburg als wichtige Forschungseinrichtung im Bereich der kognitiven Ergonomie im internationalen Umfeld.

Ein weiterer zentraler Nutzen ist die Qualifizierung von wissenschaftlichem Nachwuchs auf dem Gebiet der kognitiven Ergonomie. Die erarbeitete Methodik und die inhaltlichen Ergebnisse von SIM wurden in die aktuelle Lehre eingebracht. Durch die Mitarbeit von wissenschaftlichen Hilfskräften in Praktika und durch Bachelor- und Masterarbeiten wurde die Einbindung des studentischen Nachwuchses gefördert.

2.2.5 Bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Soweit bekannt nehmen die Arbeiten innerhalb des Teilprojektes SIM eine Vorreiterrolle zu dem Themenbereich der vernetzten Fahrsimulation ein. Publikationen zu dem relevanten Themenbereich innerhalb der letzten Jahre stammen ausschließlich von den beteiligten Verbundpartnern.

2.2.6 Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen der Ergebnisse

Die gewonnenen Erkenntnisse wurden sowohl im Rahmen von Fachgesprächen auf Konferenzen als auch durch projektinterne Publikation und Vorträge auf Fachtagungen kommuniziert. Zusätzlich wurden die Untersuchungen für die Erstellung von qualifizierenden Arbeiten an der Universität Würzburg verwendet. Des Weiteren werden auch nach Ende der offiziellen Projektlaufzeit weitere Veröffentlichungen auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse angestrebt.

Qualifizierende Arbeiten

Im Rahmen der Arbeiten im Teilprojekt SIM entstanden an der Universität Würzburg vier Forschungspraktika, zwei Bachelorarbeiten sowie eine Masterarbeit. Im Verlauf der Projektlaufzeit wurde eine Dissertation zur Thematik fertiggestellt:

Mühlbacher, D. (2013). *Die Pulksimulation als Methode bei der Untersuchung verkehrspsychologischer Fragestellungen*. Dissertation, Bayerische Julius-Maximilians-Universität, Würzburg.

Im Rahmen des Teilprojekts UR:BAN MV SIM erfolgte Veröffentlichungen

- Mühlbacher, D. & Fischer, F. (2014). Real vs simulated surrounding traffic – Does it matter? In A. Kemeny, S. Espié, & F. Mérienne (Eds.), *New developments in driving simulation design and experiments – Driving Simulation Conference Europe 2014 Proceedings* (pp. 22.1-22.5). Paris, France.
- Mühlbacher, D. & Rittger, L. (2016). Realer vs simulierter Umgebungsverkehr – Was bringt die vernetzte Fahrsimulation? UR:BAN Konferenz, Garching, 18.02. – 19.02.2016.
- Rittger L., Mühlbacher D. & Kiesel A. (2014). *Compliance to a traffic light assistant: The influence of surrounding traffic and system parameters*. Vortrag auf der 30. VDI/VW Gemeinschaftstagung Fahrerassistenz und integrierte Sicherheit, Wolfsburg, 14.10.-15.10.2014.
- Rittger, L., Mühlbacher, D., Maag, C., & Kiesel, A. (2014). Anger and bother experience when driving with a traffic light assistant: A multi-driver simulator study. In D. d. Waard, J. Sauer, S. Röttger, A. Kluge, D. Manzey, C. Weikert, A. Toffetti, R. Wiczorek, K. Brookhuis, & J. Hoonhout (Eds.), *Human Factors and Ergonomics Society Europe Chapter 2014 Annual Conference* (pp. 41-51). Lisbon, Portugal.
- Will, S. (2014). Den Fahrer im Fokus – Motorradforschung und Simulatorentwicklung am WIVW. ifz Wissenschaftlerseminar, Rovereto (IT), 27.06. – 01.07.2014.
- Will, S. (2016). Die – vernetzte – Fahrsimulation zur Untersuchung des Fahr- und Interaktionsverhaltens von Motorradfahrern. UR:BAN Konferenz, Garching, 18.02. – 19.02.2016.
- Will, S. (2016). Neue Technologien und Herausforderungen – Fahrerassistenzsysteme für zweirädrige Anwendung. Forum Fahrerassistenzsysteme 2016, Aschaffenburg, 12.05.2016.
- Will, S., Mark, C., Neukum, A., & Kaussner, A. (2014). Motorcycle-Car Multi-Driver Simulation – A new methodological Approach towards increased Powered Two Wheeler safety. 10. Internationale Motorrad Konferenz, Köln, 29.09. – 30.09.2014.
- Will, S., Schmitz, M. & Mark, C. (2014). „Am I in the blind spot?“ – Investigating riders' skills. Poster Präsentation bei der European Conference on Human Centred Design for Intelligent Transport Systems, Wien, 05.06. – 06.06.2014.

Im Rahmen des Teilprojekts UR:BAN MV SIM geplante Veröffentlichungen

- Mühlbacher, D. (in press). The multi-driver simulation: A tool to investigate social interactions between several drivers. In K. Bengler, S. Hoffmann, D. Manstetten, A. Neukum & J. Drüke (Hrsg.), *UR:BAN Human Factors in Traffic*. Wiesbaden: Springer.
- Mühlbacher, D., Preuk, K., Lehsing, C., Will, S. & Dotzauer, M. (in press). Multi-road user simulation: Methodological considerations from study planning to data analysis. In K. Bengler, S. Hoffmann, D. Manstetten, A. Neukum & J. Drüke (Hrsg.), *UR:BAN Human Factors in Traffic*. Wiesbaden: Springer.

2.2.7 Referenzen

- Maag, C., & Mark, C. (2012). Assisting drivers' merging onto the motorway: Evaluation of a new advanced driver assistance system (ADAS) using multi-driver simulation. Paper presented at the 19th ITS World Congress, Vienna, Austria, 22.10.-26.10.2012.
- Maag, C., Mühlbacher, D., Mark, C., & Krüger, H.-P. (2012). Studying effects of advanced driver assistance systems (ADAS) on individual and group level using multi-driver simulation. *IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine*, 4(3), 45-54.
- Mühlbacher, D. (2013). *Die Pulksimulation als Methode bei der Untersuchung verkehrspsychologischer Fragestellungen*. Dissertation, Bayerische Julius-Maximilians-Universität, Würzburg.
- Mühlbacher, D., & Fischer, F. (2012). The multi-driver simulation as a new method for researching driver behavior and traffic. Paper presented at the Driving Simulation Conference, Paris, France, 06.09.-07.09.2012.
- Mühlbacher, D., Fischer, F., Buld, S., Totzke, I., & Krüger, H.-P. (2012). The multi-driver simulation as a tool for the evaluation of traffic efficiency-orientated driver-assistance systems. Paper presented at the 5th International Conference on Traffic and Transport Psychology (ICTTP), Groningen, The Netherlands, 29.08.-31.08.2012.
- Mühlbacher, D., & Krüger, H.-P. (2011). The effect of car-following on lateral guidance during cognitive load - A study conducted in the multi-driver simulation. Paper presented at the 2nd International Conference on Driver Distraction and Inattention (DDI 2011), Gothenburg, Sweden, 05.09.-07.09.2011.
- Mühlbacher, D., Maag, C., & Krüger, H.-P. (2011a). Car2X-basierte Gefahrenwarnung für mehrere Fahrer - Wer profitiert? Beitrag auf der 53. Tagung experimentell arbeitender Psychologen (TeaP), Halle, 13.03.-16.03.2011.
- Mühlbacher, D., Maag, C., & Krüger, H.-P. (2011b). Die Pulksimulation als neue Methode zur Erfassung der Wirkung von Car2X-basierten Fahrerassistenzsystemen. In M. Maurer, K. Dietmayer, B. Färber, C. Stiller & H. Winner (Hrsg.), 7. Workshop Fahrerassistenzsysteme - FAS2011 (S. 64-74). Darmstadt: Uni-DAS e.V.
- Mühlbacher, D., Zimmer, J., Fischer, F., & Krüger, H.-P. (2011). The multi-driver simulator - A new concept of driving simulation for the analysis of interactions between several drivers. In D. de Waard, N. Gérard, L. Onnasch, R. Wiczorek & D. Manzey (Eds.), *Human Centred Automation* (pp. 147-158). Maastricht: Shaker Publishing.

3 Teilprojekt MV – UF

3.1 Kurzdarstellung

Das Teilprojekt Urbanes Fahren sollte als übergreifendes Projekt im Rahmen von sicherstellen, dass die Studien innerhalb vergleichbarer urbaner Szenarien und nach bestimmten Standards durchgeführt werden. Darüber hinaus koordinierte es die in den übrigen Teilprojekten geplanten Datenerhebungen.

Die Aufgabe des IZVW lag hierbei darin, insbesondere zu Beginn des Projekts die Systematik der Assistenzszenarien auszuarbeiten und als Checkliste den Teilprojektpartnern zur Verfügung zu stellen. Im weiteren Verlauf wurden im Wesentlichen unterstützende Tätigkeiten geleistet, etwa bei der Überarbeitung der Systematik, der Wirkungsanalyse, sowie der Publikation der wissenschaftlichen Erkenntnisse.

3.1.1 Aufgabenstellung und Zielsetzung

Im Rahmen des Teilprojekts MV UF (Urbanes Fahren) wurde frühzeitig die Zielsetzung formuliert, eine Austausch- und Koordinationsplattform zu etablieren, die im Gesamtprojekt UR:BAN teilprojektübergreifend zum Einsatz gebracht werden soll. Spezifischen Anforderungen, die aus dem urbanen Forschungskontext erwachsen, sollte Rechnung getragen werden, indem diese partnerübergreifend gesammelt, kommuniziert und berücksichtigt werden. Ausgangspunkt der Überlegungen waren hierbei Erfahrungen aus vorangegangenen, ähnlich umfangreich angelegten Konsortialprojekten, die den Schluss nahelegen, dass der Austausch und Koordinationsaufwand zwischen Projektpartnern und Teilprojekten in Forschungsprojekten dieser Größenordnung eine nicht zu unterschätzende Herausforderung darstellt, deren erfolgreiche Bewältigung mitunter deutlich zum gesamtartigen Projekterfolg und einer wirksamen Außendarstellung beiträgt. Zum anderen sollen die Besonderheiten, die sich aus dem Fokus des Projekts UR:BAN auf Fahrerunterstützungsfunktionen in urbanen Verkehrssituationen ergeben, erfasst und miteinander in Bezug gesetzt werden, um eine ganzheitliche Funktionsentwicklung, die spezifisch Einflussfaktoren aus Situation und Mensch berücksichtigt, zu ermöglichen.

Die Aufgabe des IZVW war hierbei insbesondere die Ausarbeitung des initialen Entwurfs Systematik der Assistenzszenarien, die Dokumentation der wissenschaftlichen Fundierung der Systematik sowie die Erstellung und Verteilung einer Checkliste in Formularform an die Teilprojektpartner, mit welcher die systematische Erfassung der von den Funktionen in den einzelnen Versuchen adressierten Assistenzszenarien gewährleistet werden sollte. Zudem sollte im späteren Projektverlauf bei der Überarbeitung der Systematik unterstützt werden.

Neben der Arbeit an der Systematik der Assistenzszenarien sollte das IZVW gemäß der Vorhabenbeschreibung bei der Definition und Standardisierung der Datenstandards, der Abstimmung der Inhalte des Teilprojekts UF mit den anderen MV-Teilprojekten zu KA und VV sowie der abschließenden Wirksamkeitsbewertung unterstützende Arbeit leisten.

3.1.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Im Projektverlauf ergab sich keine Abweichung zu den Planungen der Vorhabenbeschreibung.

3.1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens

Der Verlauf der Arbeit im Projekt folgte der im Projektantrag formulierten Planung. Alle im Arbeitsplan formulierten Aufgaben wurden erfolgreich bearbeitet. Es waren keine zusätzlichen Ressourcen für das Projekt nötig.

In Bezug auf den Projektzeitplan, der in der Vorhabenbeschreibung skizziert war, ergaben sich kleinere Anpassungen des Zeitplanes, welche die Arbeiten des IZVW betrafen; so war der Abschluss der Ausarbeitung der Systematik der Assistenzszenarien und die Präsentation der Systematik aus AP1100 für Q4 vorgesehen, ein erster Abgleich erhobener Daten für Q8. Im Hinblick auf die Zielsetzung des Teilprojekts UF erschien ein Vorziehen von Teilaspekten dieser Arbeitsschritte sinnvoll und wichtig, um eine frühzeitige Koordination zu ermöglichen. Die weiteren Arbeiten erfolgten im Zeitplan. Folgende Revision des Zeitplans wurde vorgenommen:

- Q3 (10/12): Übersicht Dimensionen, Grobklassifikation, begründete Checkliste (v0.1)
- Q3 (11/12): Sammlung bereits grobklassifizierter Szenarien
- Q3 (12/12): Zusammenfassung der Partnerinputs
- Q4 (02/13): Erstellung einer finalen Systematik und Verteilung an alle Projektpartner
- Q4 (03/13): Revision der Systematik und Bericht (v2.0)

Tabelle 3-1: Zeitplan und Meilensteinübersicht.

	Meilensteine															
	1				2				3				4			
Quartale	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
AP1000																
Potenzialanalyse u. Systematik																
Systematik Assistenzszenarien																
Definition von Datenstandards																
AP2000																
Potenzialbewertung																
Überarbeitung der Systematik																
Abgleich Bewertungskriterien, Wirkungsanalyse																

3.1.4 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Im Rahmen eines projektübergreifenden Austauschs wurden Erfahrungen aus den EU-Projekten FESTA und euroFOT sowie den deutschen Projekten Ko-FAS und sim^{TD} im Teilprojekt UF berücksichtigt. Der Austausch erfolgte hierbei z. B. informell am IZVW durch Gespräche mit Mitarbeitern, die als Projektpartner in mehreren Projekten vertreten waren.

In Bezug auf die Entwicklung der Systematik der Assistenzszenarien durch das IZVW wurde auf den aktuellen wissenschaftlichen Diskurs eingegangen, indem relevante wissenschaftliche Fachpublikationen gesichtet und in Abhängigkeit ihrer Relevanz bei der Ausarbeitung der Systematik berücksichtigt wurden (vgl. Dokument „Systematik der Assistenzszenarien, v1.1“). Die gewonnenen Erkenntnisse wurden informell, etwa im Rahmen von Fachgesprächen auf Konferenzen, und formell kommuniziert, etwa durch projektinterne Publikation oder Publikation in wissenschaftlichen Fachzeitschriften.

3.1.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Im Rahmen der Arbeiten für das Teilprojekt UF arbeitete das IZVW mit den anderen beteiligten Institutionen im engen Austausch zusammen. Es waren dies folgende Partner:

- Institut für Arbeitswissenschaft, Universität der Bundeswehr München (UBw)
- Institut für Kraftfahrzeuge, RWTH Aachen (ika)
- MAN Truck & Bus AG (MAN)
- Robert Bosch GmbH (RB)
- Technische Universität München, Lehrstuhl für Ergonomie (TUM LfE)
- Technische Universität München, Lehrstuhl für Verkehrstechnik (TUM VT)
- Volkswagen AG (VW)

Insbesondere sind hierbei die Zusammenarbeit mit ika, TUM LfE und UBw im Zuge der Arbeiten an der Systematik der Assistenzszenarien hervorzuheben. Darüber hinaus erfolgte am IZVW selbst ein partnerinterner Austausch mit den Mitarbeitern der Teilprojekte KON und SIM.

3.2 Eingehende Darstellung

Im Rahmen der UR:BAN-Projektsäule MV wurde eine Vielzahl von Versuchen mit unterschiedlichen Untersuchungsschwerpunkten durchgeführt. Das Teilprojekt UF in der Projektsäule MV soll eine Querschnittsfunktion erfüllen und sowohl die Teilprojekte innerhalb MV als auch nach Möglichkeit aus den Projektsäulen KA und VV vernetzen und integrieren. Um eine einheitliche Interpretation der in den Versuchen gewonnenen Erkenntnisse

zu erleichtern und so die Vergleichbarkeit der erzielten Ergebnisse und einen projektsäulenübergreifenden Austausch zu fördern, wurden im Teilprojekt UF neben der Definition des Assistenzszenarios einheitliche Datenstandards für die unterschiedlichen empirischen Datenerhebungen geschaffen. Sowohl die Systematik der Assistenzszenarien als auch die Datenstandards wurden bereits zu einem frühen Projektzeitpunkt an alle Teilprojektspartner kommuniziert, um eine optimale Durchdringung im Projekt zu gewährleisten. Spezifische Zielsetzungen und Zielerreichungen werden in den nachfolgenden Abschnitten erläutert. Hierbei wird insbesondere auf die Arbeitsanteile des IZVW Bezug genommen.

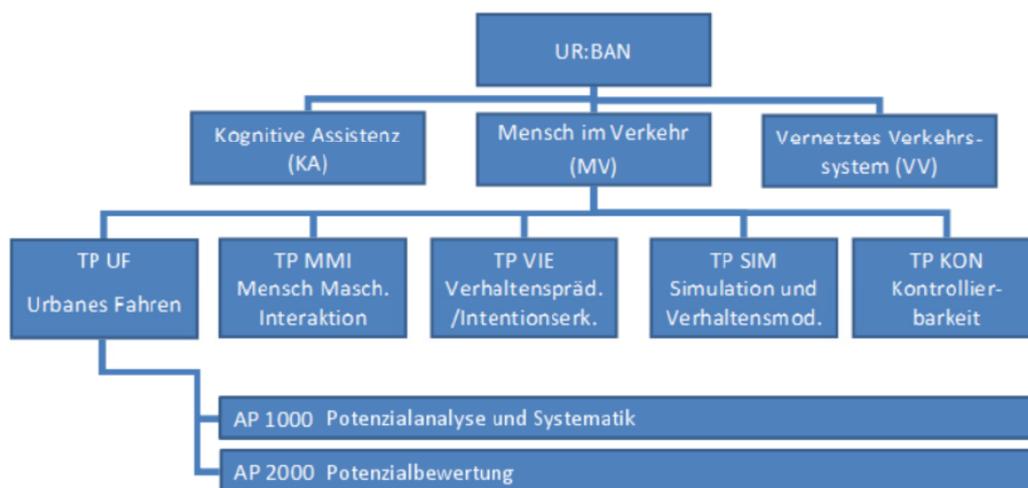


Abbildung 3-1: Struktur und Einbettung des Teilprojekts UF

3.2.1 Zielsetzung der Systematik der Assistenzszenarien

Die Kernzielsetzung einer partnerübergreifenden Systematik der Assistenzszenarien kristallisierte sich bereits im Vorfeld des Projekts UR:BAN aus dem Bedarf nach einem vereinfachtem Austausch und einer teilprojektübergreifenden Vernetzung zwischen unterschiedlichen Projektpartnern heraus. Dies war nicht zuletzt eine Erkenntnis aus vorangegangenen Projekten, welche eine ähnliche Struktur wie UR:BAN aufgewiesen hatten.

In Konsortialprojekten dieser Gestalt finden sich üblicherweise können Partner aus Industrie, Wirtschaft und Forschung beteiligt, die Unternehmensgröße variiert zwischen global aufgestellten Konzern, lokal geprägtem mittelständische Unternehmen und universitärem Forschungspartner. Das beim jeweiligen Teilprojektspartner gebräuchliche Vokabular, der unternehmensspezifische Branchen- und Wissenshintergrund sowie die jeweils im Gesamtprojekt verfolgte wirtschaftlich oder erkenntnisgetriebene Zielsetzung mag hierbei mitunter sehr heterogen sein. All dies kann somit sehr schnell zu Abstimmungs- und Koordinationschwierigkeiten führen.

Durch das Projekt UF sollte in der Projektsäule MV diesen Problemen durch die Festlegung eines gemeinsamen Vokabulars, der vereinheitlichten Darstellung von Untersuchungsgegenständen und Forschungsergebnissen und weiterhin durch eine vergleichende,

überblicksartige Zusammenfassung der im Projekt laufenden Forschungsaktivitäten begegnet werden. Zu guter Letzt sollte die Systematik abschließende Soll-Ist Vergleiche und Bewertungen ermöglichen.

Aus konzeptioneller Sicht mussten vornehmlich Anforderungen abgedeckt werden, die sich spezifisch aus dem Projektschwerpunkt des Projektes UR:BAN ergaben: Der Fokus lag auf dem urbanen Verkehrsgeschehen, welches durch eine Vielzahl unterschiedlicher beteiligter Verkehrsteilnehmer, infrastruktureller Gegebenheiten und umgebungsbaulicher Gegebenheiten gekennzeichnet ist und somit an Komplexität, etwa das Fahren auf Landstraßen und Autobahnen bei weitem übertrifft. Wichtig ist hierbei hervorzuheben, dass bei der Entwicklung von Fahrerassistenzsystemen im urbanen Kontext die genannte Pluralität von Einflussfaktoren umfassend berücksichtigt werden sollte, um situationsangepasste Systeme entwickeln zu können, die beispielsweise Fahrer und Verkehrsumfeld in einer gegebenen Situation angemessen miteinbeziehen. Zugleich darf der Fahrer nicht etwa durch in dieser Situation nicht mehr benötigte Informationen überfordert werden. Auch ist zu bedenken, dass urbane Unterstützungsfunktionen in der Regel zusätzlich auf strategisch-taktischer Ebene und nicht ausschließlich auf der Stabilisierungsebene angesiedelt sind, wie dies ist beispielsweise bei klassischen, auf fahrzeugdynamische Aspekte fokussierten Systemen der Fall ist. Die Systematik der Assistenzszenarien verfolgte also zudem das Ziel, Entwickler konzeptionell zu unterstützen, indem frühzeitig das Augenmerk auf multiple Faktoren aus unterschiedlichen Einflussbereichen gelenkt werden sollte.

Tabelle 3-2: Zielsetzungen der Systematik der Assistenzszenarien im Rahmen des Teilprojektes UF

Operative Ebene	Konzeptionelle Ebene
<p>Unterstützung bei:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dokumentation - Standardisierung - Transparenz - Koordination - Kommunikation - Vergleich - Bewertung 	<p>Ganzheitliche Darstellung von:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fahrsituation - Fahrer - Funktion - Unterstützung bei der Bedarfsermittlung v.a. im Hinblick auf die Funktionsentwicklung

Die Rolle des IZVW bestand darin, die Systematik der Assistenzszenarien auf konzeptioneller und operativer Ebene zu entwerfen sowie Checklisten und Dokumentationsmaterialien zu erstellen. Weiterhin sollte bei der Verteilung der Materialien an die Projektpartner sowie bei der Sammlung des Rücklaufs unterstützende Arbeit geleistet werden. Im späteren Projektverlauf sollte bei der Überarbeitung der Systematik der Assistenzszenarien sowie bei der abschließenden Bewertung assistiert werden.

3.2.2 Zielsetzung der Datenstandards

Die theoretische Motivation für die Definition einheitlicher Datenstandards in der Projektsäule MV durch das Teilprojekt UF ist analog zu den Überlegungen, welche der Systematik der Assistenzszenarien zugrunde liegt.

Bei der Erstellung der einheitlichen Datenstandards stand somit nicht die Definition von Messvorschriften im Vordergrund, sondern die Schaffung von Übersicht und Transparenz über den erzeugten Datenbestand. Hierdurch wurde beabsichtigt, ebenso wie durch die Systematik der Assistenzszenarien, die inhaltliche Abstimmung der Datenerhebungen durch die verschiedenen Partner im Projekt Mensch im Verkehr zu erleichtern. Es sollte die Möglichkeit geschaffen werden, bei inhaltlichen Überschneidungen Versuche ergänzend auszulegen und die erzeugten Datenressourcen gegebenenfalls mehrfach zu nutzen.

Beabsichtigt wurde, die Dokumentation der Datenstandards für durchzuführende Versuche und parallel dazu die Systematik der Assistenzszenarien von den Projektpartnern bereits im Rahmen der einzelnen Versuchsplanungen vor der Versuchsdurchführung ausfüllen zu lassen und auf einer projektinternen Plattform teilprojektübergreifend zu kommunizieren. Abgedeckt werden sollten hierbei die für einen Versuchsüberblick wichtigsten Informationen. In Kombination mit der Dokumentation aus der Systematik der Assistenzszenarien des durchgeführten Versuches sollte es so für Außenstehende möglich werden, einen schnellen Überblick über Erhebungsmethodik und Versuchsinhalte zu gewinnen. Zudem sollte mit diesen Informationen im Projektverlauf eine Versuchsmatrix erstellt werden, welche den gesamten im Projekt MV generierten Datenbestand dokumentiert.

Gegenübergestellt sollte durch die Definition der Datenstandards die Breite der durchgeführten Versuche koordiniert werden, wohingegen die Systematik der Assistenzszenarien zu diesen Versuchen die in die Tiefe gehende inhaltliche, vergleichbare Gegenüberstellung ermöglichen sollte.

Die Aufgabenstellung an das IZVW war es, bei der Definition der Datenstandards beratend zu unterstützen und somit einen Beitrag zur methodischen Homogenisierung zu leisten.

3.2.3 Zielerreichung

Die Systematik der Assistenzszenarien ebenso wie die Datenstandards wurden im vorgesehenen Zeitplan erstellt und projektübergreifend so an die Partner verteilt, dass diese bereits vor den ersten Versuchsdurchführungen mit den bereitgestellten Unterlagen arbeiten konnten. Für die Systematik der Assistenzszenarien wurden unter Federführung des IZVW zwei Dokumente erstellt und an die Projektpartner verteilt:

- Bericht „Systematik der Assistenzszenarien“ (v1.0)
- Checkliste „Systematik der Assistenzszenarien“ (v1.0)

Der Bericht diente der Vorstellung der Systematik der Assistenzszenarien in ihren zentralen Elementen sowie die Dokumentation des wissenschaftlichen Fundaments der Systematik. Die einzelnen Kategorien der Systematik wurden in diesem Dokument detailliert erörtert, die Darstellung erfolgte vor dem Hintergrund vorangegangener Literaturrecherchen. Der Bericht war insbesondere darauf ausgelegt, Anwendern der Systematik der Assistenzszenarien, welche mit Hilfe der Checkliste das Assistenzszenario eines geplanten Versuchs beschreiben wollten, als Nachschlagewerk zur Verfügung zu stehen. Neben Texterläuterungen und Literaturhinweisen wurde zusätzlich ein Ausfüllbeispiel für die Checkliste bereitgestellt.

Tabelle 3-3: Überblick über Dimensionen und beschreibende Kategorien der Systematik der Assistenzszenarien

Situation	Fahrer	Funktion
- Situationsbeschreibung	- Fahrerbeschreibung	- Funktionsbeschreibung
- Situationsskizze	- Fahreraufgabe	- Interventionstiefe
- Konfliktsituation	- Anforderungsebenen	- Technisches System
- Manöver	- Nebenaufgaben	○ Fahrerphysiologische Parameter
- Verkehrsumgebung	- Fahrercharakteristik	○ Klassische Fahrzeugparameter
○ Verkehrsteilnehmer	○ Fahrereigenschaften	○ Umweltparameter
○ Qualität des Verkehrsflusses	○ Fahrfähigkeiten	- Mensch-Maschine-Interface
○ Verdeckung	○ Fahrfertigkeiten & Erfahrung	
○ Ablaufparametrisierung	- Fahrerzustand	
- Umwelt- und Straßenbedingungen		

Für die ca. 50 durchgeführten Versuche der Projektsäule MV wurden von 21 Partnern aus vier Teilprojekten (KON, MMI, SIM, VIE) insgesamt 31 unterschiedliche Assistenzszenarien beschrieben und den anderen Partnern zur Verfügung gestellt. Zusätzlich wurden Anwendungserfahrungen gesammelt und in eine weitere Überarbeitung der Systematik eingearbeitet. Anwendungserfahrungen, Kritikpunkte und zukünftige Zielsetzungen seien im Anschluss knapp dargestellt.

Aufgrund der unterschiedlichen methodischen Hintergründe der beteiligten Partner wurde bereits bei der Erstellung der Systematik deutlich, dass die Zusammenstellung geeigneter fachübergreifender Kategoriensysteme, die Findung allgemein verständlicher Begrifflichkeiten sowie die Verankerung von Konventionen eine Herausforderung sein würde. Die konsequente und regelmäßige Befüllung der Systematik der Assistenzszenarien sowie der Datenstandards war zudem von ganz grundsätzlicher Bedeutung für den Nutzen, der aus der Anwendung der Systematik generiert werden konnte. Nach einer Anlaufphase wurde die initiale Systematik weiter überarbeitet und an vereinzelt geäußerte Bedarfe angepasst. Der breite Rücklauf, der über alle in MV beteiligten Teilprojekte erzielt werden

konnte, spricht grundsätzlich für den vertretbaren Arbeitsaufwand, der mit der Versuchsdokumentation durch die Assistenzszenarien sowie die Datenstandards einherging; wörtlich äußerten sich viele Anwender, dass die entsprechenden Dokumente schnell und einfach zu befüllen und intuitiv zugänglich waren. Zudem verschaffte durch die Systematik des Assistenzszenarios besonders durch die Aufführung nicht im Fokus stehender Kategorien eine sorgfältige Betrachtung dieser Aspekte. Insbesondere wurde aber angemerkt, dass zu Beginn der Forschungsarbeiten eine umfassende Befüllung schwierig sei, da auch die Schärfung der Forschungsfrage einen iterativen Prozess darstelle. Auch im Hinblick auf den Austausch mit anderen Projektpartnern wäre es somit sinnvoll, die Kategorien erst nach Abschluss einer initialen Konzeptionsphase oder iterativ zu befüllen.

Von den Anwendern des Assistenzszenarios wurde angemerkt, dass die Systematik der Assistenzszenarien eher den Charakter einer Checkliste innehat, um die minimal zur Beschreibung notwendigen Kategorien zu erfassen. Für eine umfangreiche und exakte Szenarienbeschreibung, wie sie bei vereinzelt Funktionenentwicklungen notwendig ist, falle sie zu wenig detailliert aus.

Hierzu sei aber nochmals die initiale Zielsetzung des Projekts UF vor Augen geführt, nämlich die Vernetzung und die Förderung des Austauschs zwischen Projektpartnern. Werkzeuge wie die Systematik der Assistenzszenarien und der Datenstandards bewegen sich hierbei stets zwischen Ausführlichkeit der Darstellung und Ökonomie in der Anwendung. Dieser Kompromiss kann kaum alle Interessenspartner und Einzelinteressen zufrieden stellen. Insbesondere in Teilbereichen wie der Funktionenentwicklung, in welchen sehr spezifisches Fachwissen eingebracht wird, ist zudem die Findung eines begrifflichen Konsenses oft besonders schwierig. Begriffe sind auch teilweise in unterschiedlichen Disziplinen unterschiedlich besetzt, was Abstimmungsaufwand generiert, der über die Befüllung der Systematik hinausreicht. Das Ziel des teilprojektpartnerübergreifenden Austauschs wurde gleichwohl dennoch gewinnbringend unterstützt.

Vor diesem Hintergrund können die Arbeiten des IZVW an der Systematik der Assistenzszenarien, Ebenso wie die Erreichung der Zielsetzung von UF allgemein als durchaus erfolgreich bewertet werden. Mit dem Ziel der Quantifizierung und Bewertung der erfassten Szenarien wurde zudem zum Projektende weitere unterstützende Arbeit geleistet, eine entsprechende abschließende Erfolgsbilanz wird von den verantwortlichen Partnern gezogen.

3.2.4 Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Die wichtigste Position des zahlenmäßigen Nachweises bilden die im Teilprojekt UF entstandenen Personalkosten. Ferner fielen Reisemittel v.a. für projektinterne Treffen sowie Reisen zu Zwischen- und Abschlusspräsentation. Über die Details wird im zahlenmäßigen Verwendungsnachweis berichtet.

3.2.5 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die vom IZVW im Rahmen von UF geleistete Arbeit entsprach den in der Vorhabenbeschreibung formulierten Anforderungen.

3.2.6 Voraussichtlicher Nutzen: Verwertbarkeit der Ergebnisse

Die Arbeiten in UF dienten der übergreifenden Systematisierung der Vielzahl der in UR:BAN geleisteten empirischen Forschungsarbeiten. Auf die partnerübergreifend erarbeitete Systematik von Szenarien des urbanen Verkehrs kann in künftigen Forschungsprojekten, die sich auf höhere Automationsstufen konzentrieren, zurückgegriffen werden.

3.2.7 Bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Von anderer Stelle sind keine Fortschritte bekannt geworden.

3.2.8 Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen der Ergebnisse

Die gewonnenen Erkenntnisse wurden informell, etwa im Rahmen von Fachgesprächen auf Konferenzen, sowie formell kommuniziert, etwa durch projektinterne Publikation oder Publikation in wissenschaftlichen Fachzeitschriften und Vorträge auf Fachtagungen. Insbesondere ist hierbei der nachfolgende Beitrag zu nennen:

Bengler, K., Pütz, A., Purucker, C., Götze, M., Färber, B. (2015). Das UR:BAN Assistenzszenario als Konstrukt für die Entwicklung und Bewertung integrierter Fahrerassistenzsysteme. Zeitschrift für Arbeitswissenschaft. 69(2), 37-42.

Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN geplant	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Schlussbericht
3. Titel UR:BAN –Mensch im Verkehr Schlussbericht der Julius-Maximilians-Universität Würzburg Interdisziplinäres Zentrum Verkehrswissenschaften (IZVW) Beitrag zu den Teilprojekten KON, SIM und UF	
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)] Neukum, Alexandra Schneider, Norbert Mühlbacher, Dominik Will, Sebastian Purucker, Christian	5. Abschlussdatum des Vorhabens 31.03 2016
	6. Veröffentlichungsdatum geplant
	7. Form der Publikation Bericht
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) Julius-Maximilians-Universität Würzburg Interdisziplinäres Zentrum für Verkehrswissenschaften (IZVW) Lehrstuhl III für Psychologie Röntgenring 11 97070 Würzburg	9. Ber. Nr. Durchführende Institution
	10. Förderkennzeichen 19S12009R
	11. Seitenzahl 63
12. Fördernde Institution (Name, Adresse) Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) 53107 Bonn	13. Literaturangaben 25
	14. Tabellen 5
	15. Abbildungen 21
16. Zusätzliche Angaben --	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum) --	
18. Kurzfassung <p>Innerhalb des Projekts UR:BAN war die Universität Würzburg an drei Teilprojekten der Projektsäule „Mensch im Verkehr“ (MV) beteiligt. Im Teilprojekt „Kontrollierbarkeit“ (KON) wurden vorhandene Prüfmethode zur Bewertung der Beherrschbarkeit von Assistenzsystemen aufgearbeitet und ihre Geeignetheit in Hinblick auf die in UR:BAN betrachteten Assistenzfunktionen bewertet. Im Zentrum der empirischen Studien stand die Betrachtung von Querführungs- bzw. Ausweichassistenzsystemen, die den Fahrer in zeitkritischen Situationen unterstützen sollen. Aus mehreren empirischen Studien in der Fahrsimulation wurden Empfehlungen für die Systemgestaltung abgeleitet. Weiterhin wurden systematische Vergleiche unterschiedlicher Prüfumgebungen vorgenommen, um Empfehlungen für eine effiziente Absicherungsmethodik abzuleiten.</p> <p>Gegenstand des Teilprojekts Urbanes Fahren (UF) war die Erarbeitung einer Systematik urbaner Fahr- und Assistenzszenarien sowie die Definition projektübergreifender Datenstandards. Diese Arbeiten trugen zu einer Systematisierung der Vielzahl der in UR:BAN durchgeführten empirischen Studien bei.</p> <p>Im Teilprojekt Simulation/Verhaltensmodellierung (SIM) wurde die Interaktion von Fahrern in urbanen Szenarien mittels der Methodik der vernetzten Fahrsimulation untersucht. Der Schwerpunkt der Arbeiten lag auf der Vernetzung mehrerer Pkw-Pkw-Simulationen sowie der Vernetzung von Pkw- und Motorradsimulation. Am Beispiel mehrerer inhaltlicher Fragestellungen (z.B. Ampelphasenassistenz, Kreuzungsassistenz, Totwinkel), wurde die neue Methodik der vernetzten Simulation ausgearbeitet. Die Ergebnisse zeigen auf, dass die vernetzte Fahrsimulation geeignet ist, Fragestellungen der Verkehrsinteraktion effizient zu bearbeiten. Sie ergänzt damit das klassische Methodenrepertoire der Fahrsimulation.</p>	
19. Schlagwörter Vernetzte Fahrsimulation, Kontrollierbarkeit, Mensch-Maschine-Schnittstelle, Fahrsicherheit	
20. Verlag	21. Preis

Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN In preparation	2. type of document (e.g. report, publication) Final report
3. title UR:BAN –Human factors in Traffic Final report of the Center for Traffic Sciences (IZVW) at the University of Wuerzburg Contributions to the subprojects KON, SIM and UF	
4. author(s) (family name, first name(s)) Neukum, Alexandra Schneider, Norbert Mühlbacher, Dominik Will, Sebastian Purucker, Christian	5. end of project 31.03 2016 6. publication date In preparation 7. form of publication Report
8. performing organization(s) (name, address) Center for Traffic Sciences (IZVW) University of Würzburg Röntgenring 11 97070 Würzburg	9. originator's report no. 10. reference no. 19S12009R 11. no. of pages 63
12. sponsoring agency (name, address) Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (BMWi) 53107 Bonn	13. no. of references 25 14. no. of tables 5 15. no. of figures 21
16. supplementary notes	
17. presented at (title, place, date)	
18. abstract The Center of Traffic Sciences (IZVW) at the University of Wuerzburg contributed to three subprojects (Controllability, Urban Driving and Simulation) within the UR:BAN project "Human Factors in Traffic". The subproject "Controllability" (KON) evaluated the applicability of existing methods to assess the controllability of advanced driver assistance systems with a special focus on systems which were developed within UR:BAN. Empirical studies focused on driver assistance systems having an impact on the lateral control of the vehicle and especially on emergency steering and evasion assistants which assist the driver in time critical collision avoidance scenarios. Based on the results of several simulator studies, recommendations for the system design were derived. Additional studies were conducted to compare different test environments. Based on the results, methodological recommendations for the safety and controllability assessment of advanced driver assistance systems were derived. The objective of the subproject "Urban Driving" (UF) was to develop a taxonomy for urban driving scenarios as well as internal data standards. The results of this taxonomy helped to systemize the broad variety of empirical studies which were conducted within UR:BAN. Within the subproject "Simulation" (SIM) the interaction between human drivers in urban scenarios was analyzed using a multi-driver simulation. The work focused on several connected car driving simulators as well as connecting a car driving simulator and a motorcycle simulator. Additionally, the applicability of the new methodology of multi-driver simulation was tested in several empirical studies focusing on traffic light, blind spot and intersection assistants. The results show that multi-driver simulation can be used to address questions regarding the interaction between road users efficiently and thereby contribute to the methodology repertoire of driving simulation.	
19. keywords multi-driver simulation, controllability ,human machine interface, driving safety	
20. publisher	21. price